

# SUOMEN PAPERITEOLLISUUDEN ENERGIATEHOKKUUDEN SEURANTATARPEET

Jaana Kuorelahti

Opinnäytetyö  
Kesäkuu 2011

Paperikoneteknologia  
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) KUORELAHTI, Jaana	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 4.6.2011
	Sivumäärä 75	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi SUOMEN PAPERITEOLLISUUDEN ENERGIAITEHOKKUUDEN SEURANTATARPEET		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologia		
Työn ohjaaja(t) ISOMETSÄ, Juha, energiatekniikan lehtori		
Toimeksiantaja(t) Metso Paper Oy TURUNEN, Teemu, vanhempi kehitysinsinööri		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Suomen paperiteollisuuden energiatehokkuuden seurantarpeita. Työssä pyrittiin selvittämään, millaisia ominaisuuksia energiatehokkuuden seurantajärjestelmän tulisi sisältää ja miten paperiteollisuuden eri käyttäjäryhmien tarpeet eroavat ominaisuuksien suhteen.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä oli laadullinen tutkimus. Viitekehyksessä tarkasteltiin paperiteollisuuden energiatehokkuutta eri näkökulmista sekä energiatehokkuuden seurantajärjestelmää. Tutkimustulokset perustuvat valitulle asiantuntijajoukolle tehtyihin haastatteluihin ja sen perusteella laadittuun analyysiin. Haastateltavia oli seitsemän, neljästä eri yrityksestä.</p> <p>Tutkimuksessa kävi ilmi, että energiatehokkuuden seurantajärjestelmältä toivotaan useita erilaisia ominaisuuksia käyttäjäryhmän mukaan. Tärkeiden ominaisuuksien suuri lukumäärä johtuu järjestelmän laajuudesta; sen pitää toimia erilaisissa ympäristöissä ja vastata moniin erilaisiin tarpeisiin. Monitorointia ja raportointia koskevat ominaisuudet olivat tärkeimpiä.</p> <p>Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että paperiteollisuudessa on selkeä tarve energiatehokkuuden seurantajärjestelmälle. Haasteena on sopivan järjestelmän kehittäminen asiakkaiden tarpeisiin. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää energiatehokkuuden seurantajärjestelmän kehittämisessä. Jatkossa työtä on mahdollista laajentaa koskemaan suurempaa seurantajärjestelmän käyttäjäjoukkoa sekä syventää kyselyä tiettyyn osa-alueeseen, esimerkiksi monitorointiin.</p>		
Avainsanat (asiasanat) paperiteollisuus, paperikoneet, energiatehokkuus, energian säästö, Metso Paper Oy		
Muut tiedot		



Author(s) KUORELAHTI, Jaana	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 4.6.2011
	Pages 75	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title A study of the needs for monitoring of energy efficiency in the Finnish paper industry		
Degree Programme Paper Machine Technology		
Tutor(s) ISOMETSÄ, Juha, Senior Lecturer of Energy Technology		
Assigned by Metso Paper Inc TURUNEN, Teemu, Senior Development Engineer		
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to find out the needs for monitoring of energy efficiency in the Finnish paper industry. The main task was to find out, what properties an energy efficiency monitoring system should include and what is the difference in needs between different user groups.</p> <p>The research method was qualitative. The energy efficiency of paper industry from different viewpoints and an energy efficiency monitoring system were examined in the frame of reference. The results were based on an interview study, which was made for a group of experts and then on the analysis of the interview study results.</p> <p>The study showed that depending on the user group, different kinds of properties from the energy efficiency monitoring system are required. The large number of those important characteristics is due to the scope of the monitoring system; it should function in many different environments and respond to diverse needs. Monitoring and reporting seemed to be the most important requirements.</p> <p>The results show that there is an obvious need for an energy efficiency monitoring system in the Finnish paper industry. The challenge is to create a monitoring system for the needs of different user groups. The results of the thesis can be used when creating an energy efficiency monitoring system. In the future there is a possibility to expand the study to concern a bigger group working with energy efficiency things in paper industry and to concentrate the study on one subarea, monitoring for example.</p>		
Keywords paper industry, paper machines, energy efficiency, energy saving, Metso Paper Inc.		
Miscellaneous		

# SISÄLTÖ

1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	5
1.1 Työn tavoitteet.....	5
1.2 Aiheen valinnan tausta .....	6
1.3 Tutkimuksen toteutustapa .....	6
1.4 Toimeksiantajana Metso Oyj .....	7
2 ENERGIATEHOKKUUS .....	8
2.1 Energiatehokkuuden määritelmä.....	8
2.2 Energiatehokkuus ilmastonäkökulmasta .....	9
2.2.1 Energiatehokkuus–merkittävä tekijä .....	9
2.2.2 Euroopan unionin yhteiset energiatehokkuustavoitteet.....	9
2.2.3 Kansallinen ilmasto- ja energiasstrategia .....	11
2.3 Energiatehokkuus kustannusnäkökulmasta.....	13
2.4 Energiatehokkuuden edistämisen esteet.....	17
3 MASSA- JA PAPERITEOLLISUUDEN ENERGIATEHOKKUUS .....	21
3.1 Energiankulutus massa- ja paperiteollisuudessa .....	21
3.2 Energiatehokkuussopimukset.....	23
3.3 Massa- ja paperiteollisuuden tulevaisuus .....	25
4 PAPERIKONEEN ENERGIATEHOKKUUS.....	27
4.1 Paperikoneen energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät .....	27
4.2 Sähkönkulutus paperikoneella.....	30
4.3 Lämmönkulutus paperikoneella .....	32
4.4 Paras käytettävissä oleva tekniikka ja energiankäytön tehostaminen tulevaisuudessa.....	33

5 ENERGIATEHOKKUUDEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ .....	34
5.1 Energiankäytön seuranta .....	34
5.2 Käyttäjät ja käytettävyys .....	35
5.3 Energiatehokkuuden mittaaminen.....	38
5.4 Monitorointi .....	42
5.5 Raportointi.....	43
5.6 Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän tulevaisuus .....	45
6 ENERGYOPERATOR–SEURANTAJÄRJESTELMÄ .....	46
6.1 Ominaisuudet .....	46
6.2 Monitorointi ja raportointi.....	47
7 HAASTATTELUTUTKIMUS .....	48
7.1 Toteutustapa .....	48
7.2 Käytännön toteutus.....	48
7.3 Tutkimuksen tulokset .....	50
7.3.1 Energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät .....	50
7.3.2 Energiatehokkuuden mittaamisen ja seurannan nykytila .....	53
7.3.3 Energiatehokkuuden mittaamisen ja seurannan kehitystarpeet.....	56
7.3.4 Energiatehokkuusseurannan tuottama aineisto ja sen hyödyntäminen .....	57
7.3.5 Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän ominaisuudet .....	61
7.4 Yhteenveto tuloksista .....	64
7.5 Tulosten hyödyntäminen .....	66
8 POHDINTA .....	67
LÄHTEET .....	69
LIITTEET .....	73
Liite 1. Haastattelukysymykset .....	73
Liite 2. Tiedustelukirje .....	75

## KUVIOT

KUVIO 1. Energian loppukulutus Suomessa vuosina 1990–2006 sekä perusurassa ja tavoiteurassa vuosina 2007–2050.....	12
KUVIO 2. Energian kokonaiskulutus Suomessa vuonna 2009.....	13
KUVIO 3. Metsäteollisuuden tehdaspolttoaineet Suomessa vuonna 2010.....	14
KUVIO 4. Voimalaitospolttoaineiden hinnat (€/MWh) lämmöntuotannossa 1995– ..	15
KUVIO 5. Voimalaitospolttoaineiden hinnat (€/MWh) sähköntuotannossa 1995– ....	15
KUVIO 6. Sähkön käytön 1–10 % vähentämisellä on mahdollista saada merkittäviä kustannussäästöjä .....	16
KUVIO 7. Lämmön käytön 5–15 % vähentämisellä on mahdollista saada merkittäviä kustannussäästöjä .....	17
KUVIO 8. Energiatohokkuuden edistämisen esteitä.....	21
KUVIO 9. Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain vuosina 2008 ja 2009 .....	22
KUVIO 10. Energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelma osana elinkeinoelämän energiatohokkuussopimusta.....	24
KUVIO 11. Suomen paperin ja kartongin tuotannon kehittyminen vuosina 1960–2010 .....	25
KUVIO 12. Energian kokonaiskulutus paperinkuivatuksessa .....	27
KUVIO 13. Eurooppalaisen paperiteollisuuden kulutuslukujen kehitys vuosina 1990–2008 .....	28
KUVIO 14. Sähkönkulutus paperitonnia kohti .....	29
KUVIO 15. Energiatohokkuuteen vaikuttavia tekijöitä paperin- ja kartonginvalmistuksessa.....	29
KUVIO 16. Paperinvalmistuksen eniten sähköä kuluttavat osaprosessit .....	31
KUVIO 17. Paperinvalmistuksen eniten lämpöä kuluttavat osaprosessit.....	32
KUVIO 18. Energiatohokkuuden seurantajärjestelmän käyttäjäryhmät ja tavoitteet ..	37

KUVIO 19. Esimerkki operaattorin toimintamallista energiatehokkuuden tehostamisessa .....	37
KUVIO 20. Paperikoneen moottoreiden jakautuminen määrän ja tehon suhteen .....	40
KUVIO 21. Energiatehokkuuden jatkuva parantaminen tehdasympäristössä .....	42
KUVIO 22. Esimerkki energiatehokkuuden seurantajärjestelmän monitorointinäytöstä.....	43
KUVIO 23. EnergyOperatorin sisältö.....	46
KUVIO 24. Esimerkki EnergyOperatorin päätason monitorointinäytöstä .....	47
KUVIO 25. Teema-analyysin teemat.....	50
KUVIO 26. Eri käyttäjäryhmien toiveet seurantajärjestelmien ominaisuuksista .....	65
KUVIO 27. Yhteenveto tutkimuksen tuloksista .....	66

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Eri paperilajien sähkön ja lämmön ominaiskulutuksia .....	30
TAULUKKO 2. Tulevaisuuden teknologioilla saavutettavat säästöt energiankulutuksessa.....	34

# 1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

## 1.1 Työn tavoitteet

Energiatehokkuuden merkitys on korostunut paperinvalmistuksessa viime aikoina. Syitä tähän ovat muun muassa energian hinnan nousun suorat ja epäsuorat vaikutukset paperinvalmistuksen kannattavuuteen, erilaiset viranomaisvaatimukset sekä energiantuotantoon ja -käyttöön liittyvät imagokysymykset. Erityisesti energian hinnan nousu aiheuttaa paineita energiatehokkuuden parantamiseen, sillä energiakustannusten osuus paperinvalmistuksen kustannuksista on noin 10–15 % (Fisher Logic 2007). Energiankäytön tehostamisesta onkin viime vuosina tullut merkittävä kannattavuustekijä paperiteollisuudessa. Myös laitevalmistajat haluavat vastata kysyntään toimittamalla energiatehokkaita ratkaisuja.

Merkittävässä roolissa paperiteollisuuden energiatehokkuuden edistämisessä on energiatehokkuuden seurantajärjestelmä, jonka avulla yritys pystyy kattavasti seuraamaan paperintuotannon eri osa-alueiden energian kulutusta ja samalla energiatehokkuutta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Suomen paperiteollisuuden energiatehokkuuden seurantatarpeita.

Tutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään, millaisia ominaisuuksia paperiteollisuuden tuotannonjohdon ja konserninjohdon energiankäytöstä vastaavat henkilöt toivovat energiatehokkuuden seurantajärjestelmän sisältävän ja millaisia eroja eri käyttäjäryhmillä on toivottujen ominaisuuksien suhteen. Tutkimuksen kolme pääkysymystä olivat

- millaista raportointiaineistoa asiakkaat haluavat järjestelmän tuottavan ja kuinka sitä käytetään
- millainen järjestelmä palvelisi yrityksen päivittäistä energiatehokkuuden seurantaa parhaiten
- miten eri käyttäjäryhmien tarpeet eroavat toisistaan järjestelmän sisällön ja ominaisuuksien suhteen.



## 1.2 Aiheen valinnan tausta

Metso Paper Oy on kehittämässä energiatehokkuuden seurantajärjestelmää paperiteollisuuden energianseurannan tarpeisiin. Jotta järjestelmä vastaisi mahdollisimman hyvin asiakkaiden tarvetta, on syytä kartoittaa asiakkaiden toiveita järjestelmän sisältämien ominaisuuksien suhteen. Opinnäytetyöaihe tuli toimeksiantona Metso Paper Oy:n Rautpohjan yksiköstä, tehdassuunnittelu-osastolta. Opinnäytetyöstä saatava aineisto palvelee Metso Paperia energiatehokkuuden seurantajärjestelmää kehitettäessä.

Omaa ammatillista kehittymistäni opinnäytetyö edistää monin tavoin. Työtä tehdessä opin asioita energiatehokkuudesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Tietoutta karttui niin teoriassa kuin haastateltavilta kuultavien käytännön kokemustenkin kautta. Työn tekemisen kautta opin myös itsenäistä työtötta, suurien tietokokonaisuuksien hallintaa ja toisaalta olennaisen tiedon löytämistä.

## 1.3 Tutkimuksen toteutustapa

Työ rajattiin niin, että pyrittiin saamaan eri paperinvalmistajilta konkreettista tietoa energiantehokkuuden seurantajärjestelmältä toivottavista ominaisuuksista. Tämän hetkisen tiedon mukaan tutkimustietoa energiatehokkuudesta on kerätty ainoastaan yleisellä tasolla, ei niinkään konkreettista tietoa, jota voisi hyödyntää järjestelmää kehitettäessä.

Aluksi tutustuin työssä viitekehykseen, jossa käsittelin energiatehokkuutta yleisesti, massa- ja paperiteollisuuden energiatehokkuutta, paperikoneen energiatehokkuutta, energiatehokkuuden seurantajärjestelmää sekä EnergyOperator-seurantajärjestelmää. Tällaisella teorialiedon rajauksella pyrin saamaan sopivan teoriapohja haastattelututkimuksen teolle.

Empiriaosuudessa tutkin Suomen paperiteollisuuden energiatehokkuuden seurantarpeita. Tutkimuksen tiedonhankintamenetelmänä käytin tutkimushaastattelua. Saatujen tulosten perusteella muodostin teema-analyysin, johon koostin tutkimuksen tärkeim-

mät tulokset. Lopuksi tein yhteenvedon tutkimuksesta, esittelin siitä tehdyt johtopäätökset ja hyödyntämismahdollisuudet.

## 1.4 Toimeksiantajana Metso Oyj

Metso on kansainvälinen teknologiakonserni, jolla on toimipisteitä yli 50 maassa.

Metso-konsernissa on kolme pääliiketoiminta-aluetta

- kaivos- ja maarakennusteknologia, joka on keskittynyt kaivos- ja maarakennusteknologian ja palveluiden toimittamiseen
- paperi- ja kuituteknologia, joka on keskittynyt massa- ja paperiteollisuusteknologian ja palveluiden toimittamiseen
- energia- ja ympäristötekniikka, joka on keskittynyt voimantuotantoon, prosessiautomaatiojärjestelmiin ja kierrätysteknologian ja palveluiden toimittamiseen. (Tuloksia yhdessä tekemällä 2011, 3.)

Metso-konsernilla oli vuonna 2010 noin 27 590 työntekijää, joista Suomessa työskenteli suurin osa, 31 %. Vuonna 2010 Metson paperi- ja kuituteknologia -liiketoiminta-alueella oli 10 362 työntekijää, joista 41 % Suomessa. (Tuloksia yhdessä tekemällä 2011, 3.)

Vuonna 2010 Metson liikevaihto oli 5,56 miljardia euroa, joka oli 11 % suurempi kuin vuonna 2009. Metson paperi- ja kuituteknologian osuus vuoden 2010 liikevaihdosta oli 33 %. Metson osake noteerataan Helsingin pörssissä. (Tuloksia yhdessä tekemällä 2011, 3–4.)

Paperi- ja kuituteknologia -liiketoiminta-alueen alle kuuluvat liiketoimintalinjat: paperit, kuidut, pehmopaperit ja kudokset. Jyväskylässä sijaitsevassa Metson paperi- ja kuituteknologian suurimmassa yksikössä, Rautpohjassa, on noin 1550 työntekijää, joista noin 950 on toimihenkilöä. Rautpohjassa on paperikonetuotantoa, -suunnittelua ja -huoltoa. (Metso Jyväskylän paperikonetehdas 2010.)

## 2 ENERGIA TEHOKKUUS

### 2.1 Energiatehokkuuden määritelmä

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energiankäytön tehostamista siten, että energian ominaiskulutus vähenee. Yhtenäistä määritelmää energiatehokkuudelle ei ole toistaiseksi olemassa.

Työ- ja elinkeinoministeriön mukaan energiatehokkuuden määritelmä on:

*Energiatehokkuudella tarkoitetaan useimmiten energian käytön tehokkuuden parantamista siten, että energian ominaiskulutus alenee. Ominaiskulutus tarkoittaa suhteellista energiankulutusta tuoteyksikköä tai tiettyä palvelua kohti laskettuna. Se voidaan laskea esimerkiksi tuotetonna (MWh/tuotetonna) tai rakennuskuutiota (KWh/m<sup>3</sup>) kohti. (Energiatehokkuus 2011.)*

Heikkilän, Huumon, Siitosen, Seitsalon ja Hyytiän (2008, 51) mukaan energiatehokkuudella voidaan tarkoittaa kahta eri asiaa:

- 1. Prosessiin sisään syötetyllä energiapanoksella aikaansaatu tuotannon määrä.*
- 2. Energiankäytön tarkkuutta (tai tehokkuutta) eli käytetyn energian määrän optimointia suhteessa prosessin energiatarpeeseen.*

Määritelmät poikkeavat jonkin verran toisistaan, vaikka sisällöllisesti ne ovatkin melko yhteneväisiä. Työ- ja elinkeinoministeriön määritelmästä on enemmän huomattavissa teollinen ympäristö, jossa tavoitteena on tehostaa tuotantoa niin, että saadaan tuotettua sama tuotantomäärä pienemmällä energiamäärällä. Saman määritelmän ovat antaneet myös Heikkilä ja muut. Heidän toinen määritelmänsä eroaa ensimmäisestä jonkin verran. Siinä painottuu energian määrän optimointi eli tärkeää onkin käyttää energiaa vain tarvittava määrä, ei yhtään enempää. Kaikissa määritelmissä sisältö on kuitenkin sama eli sama tuotantomäärä mahdollisimman pienellä energiankulutuksella.

## **2.2 Energiatehokkuus ilmastonäkökulmasta**

### **2.2.1 Energiatehokkuus–merkittävä tekijä**

Ilmastonmuutoksen torjunta on suuri haaste. Arvioiden mukaan noin 80 % ilmaston lämpenemistä aiheuttavista kasvihuonekaasupäästöistä on lähtöisin energian tuotannosta ja kulutuksesta, mukaan lukien liikenne. Tästä syystä ilmasto- ja energiapolitiikka ovat viime vuosina kietoutuneet tiiviisti toisiinsa. (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008, 2.)

Kansainvälisten arvioiden mukaan energiatehokkuuden edistäminen on merkittävin kasvihuonekaasujen vähentämiskeino. Energiansäästötoimenpiteet ovat yleensä myös kustannustehokkaita ja taloudellisesti kannattavia. Suomessa energiatehokkuuden edistäminen ja siihen tarvittavat toimenpiteet ovat pääsääntöisesti lähtöisin Euroopan unionissa asetetuista tavoitteista. Myös hiilidioksidin päästökaupalla pyritään energiatehokkuuden edistämiseen. (Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä 2010.)

### **2.2.2 Euroopan unionin yhteiset energiatehokkuustavoitteet**

Euroopan unionissa määritellyt ilmasto- ja energiapolitiikan sekä niiden toimenpiteiden tavoitteet ohjaavat voimakkaasti Suomen ilmasto- ja energiapolitiikan valmistelua ja toimeenpanoa. Vuonna 2008 annetussa EU:n energia- ja ilmastostrategiassa ja komission säädösehdotuksissa yhtenä tärkeänä tavoitteena on parantaa energiatehokkuutta ja vähentää primäärienergiankulutusta 20 % vuoteen 2020 mennessä. Vertailutasona säästötavoitteelle on energiankulutuksen määrä, mitä se olisi ilman uusia toimenpiteitä. Tämä on EU:n yhteinen poliittinen tavoite, eikä siihen sisälly kansallisesti sitovia toimia tai velvoitteita. (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008, 14.) Taloudellisesti säästötavoite vastaa noin 60 miljardin euron vuotuista säästöä tai Saksan ja Suomen nykyistä yhteenlaskettua energiankulutusta (Vihreä kirja energiatehokkuudesta 2005, 4).

Euroopan komission 8.3.2011 julkaisemassa Energiatehokkuussuunnitelma 2011:ssä todetaan EU:n olevan kaukana vuodelle 2020 kaavailusta 20 %:n energiansäästöta-

voitteesta. Tämänhetkisten arvioiden mukaan tavoitteesta saavutetaan vain puolet. Komission mukaan EU:n jäsenmaiden onkin ryhdyttävä määrätietoisiin toimenpiteisiin, jotta asetettu 20 %:n säästötavoite saavutetaan. (Energiatehokkuussuunnitelma 2011, 7.)

Energiatehokkuussuunnitelmassa ehdotetaan kaksivaiheista toteutusta energiatehokkuustavoitteiden asettamisessa. Tällä hetkellä jäsenvaltiot ovat ensimmäisessä vaiheessa toimeenpanemassa kansallisia energiatehokkuustavoitteita ja -ohjelmia. Ohjeelliset tavoitteet ja jokaisen jäsenvaltion yksittäiset toimet arvioidaan. Arvioiden perusteella määritellään, kuinka todennäköisesti EU:n kokonaistavoitteet saavutetaan ja kuinka hyvin yksittäiset toimet vastaavat yhteistä tavoitetta. Vuonna 2013 komissio arvioi saavutetut tulokset ja säästötavoitteen saavuttamismahdollisuuden. Mikäli 20 %:n säästötavoitetta ei vuoden 2013 päätelmän mukaan saavuteta, siirrytään toiseen vaiheeseen, jossa komissio vaatii laillisesti sitovia kansallisia tavoitteita vuodeksi 2020. (Mts. 3.)

EU-säädöksiä myötä on mahdollista saavuttaa energian säästötavoitteesta noin kolmasosa ja sähkön säästötavoitteesta noin puolet. Loppuosa tavoitteesta saavutetaan kansallisilla toimilla tai EU:n tavoitteiden myötä syntyneillä kansallisilla toimilla, joille ei ole EU:ssa määritelty toimeenpanotapaa. Tulevaisuudessa toimenpiteet tulevat olemaan yhä enemmän EU-säädöksiin perustuvia. (Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä 2010, 6.)

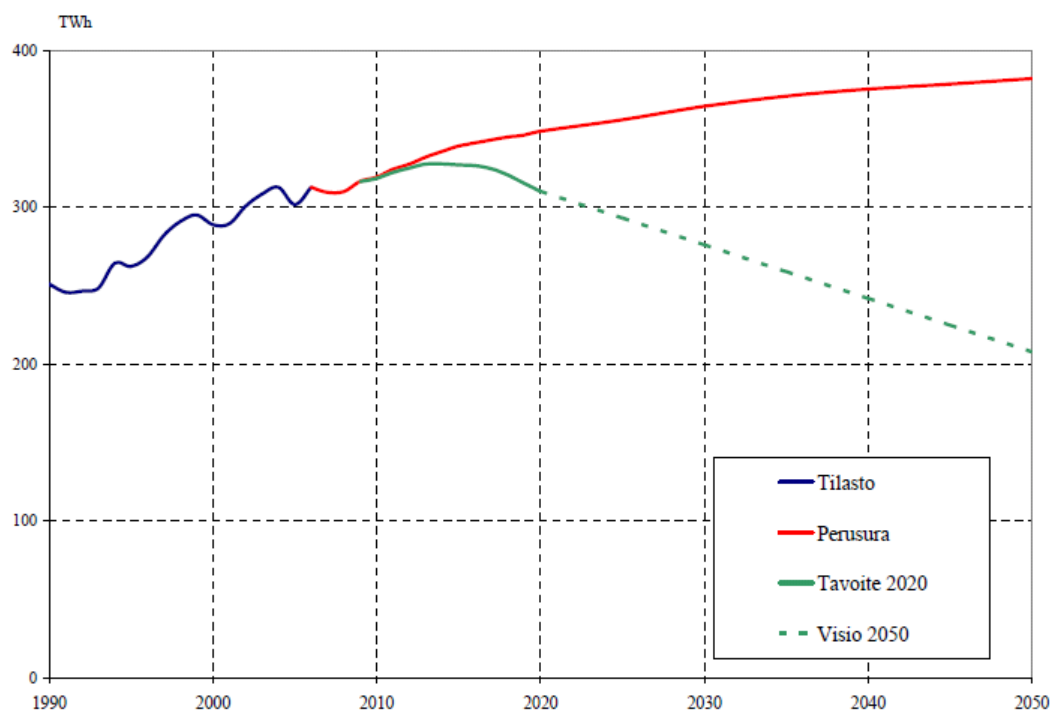
Komission mukaan teollisuudessa energiatehokkuustavoitteet ja energiateknologiset innovaatiot on otettava tärkeäksi osaksi liiketoimintamalleja. Suurissa yrityksissä päästökauppajärjestelmä tukee annettua tavoitetta. Myös energiatehokkuusvertailut voivat toimia hyvänä työkaluna oman ja kilpailevien yritysten energiatehokkuuden vertailuun. Komissio on ehdottanut toimenpiteitä lisäksi sähkön- ja lämmöntuotannon tehostamiseksi, jotta energiatehokkuustoimenpiteet kattavat koko energiaketjun. (Energia 2020, 2010, 7; Energiatehokkuussuunnitelma 2011, 3.)

Komissio aikoo ehdottaa, että energiakatselmuksista tehdään suuryrityksissä pakollisia. Tavoitteena on, että jäsenvaltiot kehittävät yrityksille kannustimia energianhallintajärjestelmien (esimerkiksi standardin EN 16001 mukaisesti) käyttöönottoon energiankäytön ohjausvälineiksi. Komissio tulee jatkamaan edistämistyötään uusien energiatehokkaiden teknologioiden kehittämisen, testaamisen ja käyttöönoton hyväksi. Tavoitteena on energiatehokkaiden teknologioiden kustannusten alentaminen ja niiden suorituskyvyn parantaminen tuottamalla uusia ratkaisuja ja helpottamalla niiden yleistymistä markkinoilla. (Energiatehokkuussuunnitelma 2011, 11.)

### **2.2.3 Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia**

EU:n asettamiin energiatehokkuus-tavoitteisiin pääseminen vaatii Suomelta energia- ja ilmastopolitiikan yhdistettyjä toimenpiteitä, joissa painopisteinä ovat energiatehokkuus ja energiansäästö sekä uusiutuvien energialähteiden tuotannon ja käytön lisääminen. Suomen valtioneuvosto hyväksyi marraskuussa 2008 pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian. Strategiassa kerrotaan kansainvälisessä toimintaympäristössä tapahtuneista muutoksista ja valtioneuvoston linjauksista tulevien vuosien energia- ja ilmastopolitiikalle. Lisäksi strategiassa esitetään keskeisimmät toimenpide-ehdotukset, joilla saavutetaan EU:n tavoitteet uusiutuvan energian edistämisestä, energiankäytön tehostamisesta ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä. Strategiassa havainnollistetaan kaksi skenaariota: nykytoimien ja -kehityksen mukainen perusura sekä EU:n ja kansalliset tavoitteet toteuttava tavoiteura. (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008, 2, 8.)

Kuviossa 1 perusuran mukaiset tulokset osoittavat, että Suomessa energiankäyttö ja päästöt nousevat korkeammiksi kuin komission asettamat tavoitteet sallivat. Skenaario perustuu oletukseen muun muassa energiantensiivisen teollisuuden tuotannon hyvästä kehityksestä. Tavoiteuraan ei päästä ilman päästöjen vähentämistä, uusiutuvan energian lisäämistä ja energiankäytön tehostamistavoitteita. (Mts. 2, 8.)



KUVIO 1. Energian loppukulutus Suomessa vuosina 1990–2006 sekä perusurassa ja tavoiteurassa vuosina 2007–2050 (Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia 2008, 35)

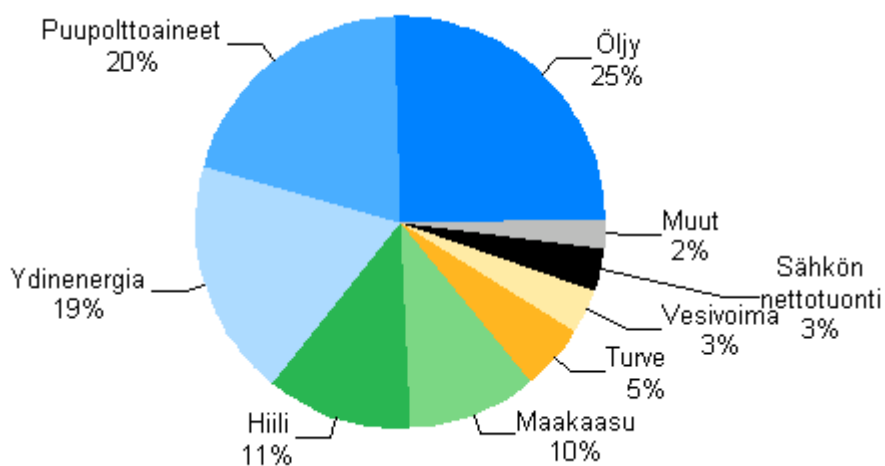
Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa valtioneuvosto asetti Suomelle tavoitteen energian loppukulutuksen kasvun pysäyttämistä ja kääntämisestä laskuun. Tavoitteena on tehostaa energian loppukulutusta vuoteen 2020 mennessä noin 37 terawattitunnilla (TWh) eli noin 11 % verrattuna siihen, mitä kehitys olisi ilman uusia tehostamistoimenpiteitä. Sähkön käyttöä tulee tehostaa noin 5 TWh eli noin 5 %. Pitkän aikavälin visiona on alentaa energian loppukulutusta vähintään kolmanneksella vuoteen 2050 mennessä vuoden 2020 määrästä. (Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä 2010, 1.)

Arvioiden mukaan energiansäästötoimenpiteistä aiheutuu tämän vuosikymmenen alussa kustannuksia Suomen taloudelle, mutta pitkällä aikavälillä toimenpiteiden aikaansaamien säästövaikutusten ansiosta kustannukset laskevat selvästi. Energiatehokkuustoimenpiteitä toteutetaan valtiontalouden ja talousarvion määrärahojen sallimissa rajoissa. Ensisijaisia julkisen rahoituksen kohteita ovat tutkimus- ja kehitystoiminta

sekä osaamisen parantaminen. Energiansäästöön kannustetaan lisäksi energiaverotuksen tasoa kehittämällä turvaten kuitenkin teollisuuden toimintaedellytykset. (Mts. 6.)

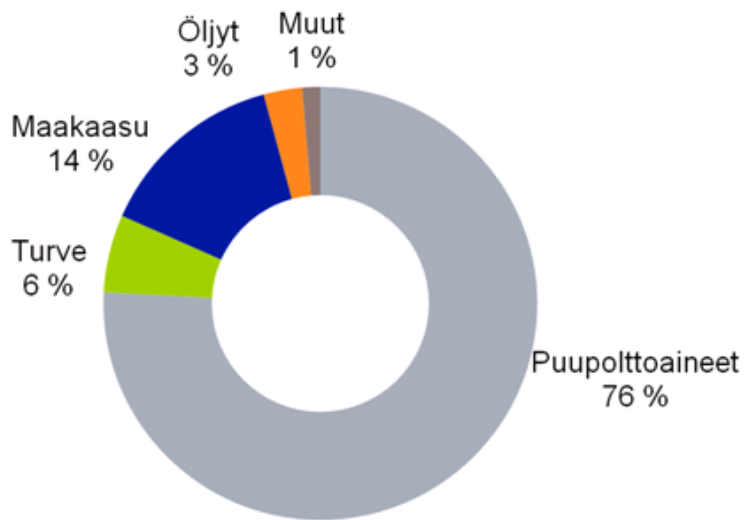
## 2.3 Energiatehokkuus kustannusnäkökulmasta

Paperinvalmistus on erittäin energiaintensiivinen prosessi, jossa energiakustannusten vähentäminen on tärkeässä osassa paperitehtaan kustannustehokkuuden parantamisessa. Suomessa paperitehtaat tuottavat tarvitsemastaan sähköstä noin 50 % itse ja lämmön pääsääntöisesti kokonaan (Vuosikirja 2010, 292). Muutokset uusiutumattomien fossiilisten polttoaineiden (erityisesti hiili, öljy ja kaasu) hinnoissa heijastuvat myös paperiteollisuuteen. Kuviossa 2 on esitetty Suomen energian kokonaiskulutus vuonna 2009. Tuolloin kolme suurinta energianlähdettä olivat öljy, puupolttoaineet ja ydinvoima. Kuviossa 3 on nähtävissä Suomen metsäteollisuuden polttoaineet vuonna 2010. Merkittävin polttoaine metsäteollisuudessa on puupolttoaine. Tästä johtuen esimerkiksi muutokset öljyn hinnassa heijastuvat metsäteollisuuteen hitaammin kuin muille kuluttajaryhmille.



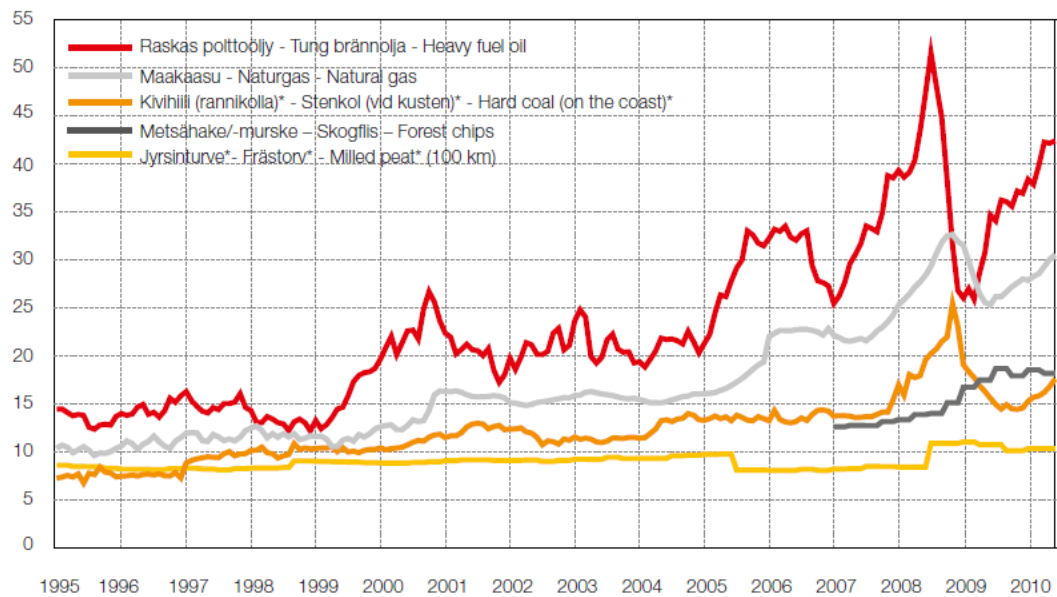
KUVIO 2. Energian kokonaiskulutus Suomessa vuonna 2009 (Energian kokonaiskulutus 2009, 2010)



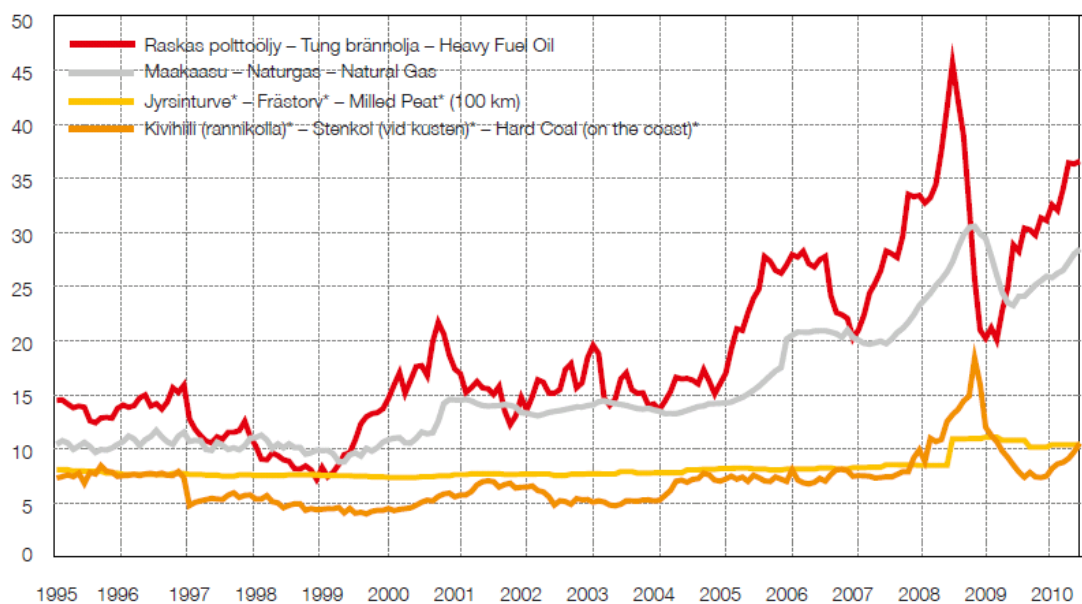


KUVIO 3. Metsäteollisuuden tehdaspolttoaineet Suomessa vuonna 2010 (Paperin ja kartongin tuotannon kehittyminen vuosittain 2011)

Polttoaineiden ja sähkön hintakehitys on pääsääntöisesti nousujohteinen, kuten kuvi-  
oista 4-5 on nähtävissä. Esimerkiksi raskaan polttoöljyn hinta lämmöntuotannossa on  
noussut noin 280 % vuodesta 1995. Myös voimalaitospolttoaineiden hinnat sähkön  
tuotannossa ovat nousseet merkittävästi. Esimerkiksi raskaan polttoöljyn osalta hinta  
on noussut noin 240 % vuodesta 1995. Energian jatkuva hinnannousu aiheuttaa pai-  
neita energiatehokkuuden tehostamiselle myös paperiteollisuudessa. Toisaalta myös  
energiaverotus nostaa energianhintoja, joten sekin toimii merkittävänä ohjauskeinona  
energiatehokkuuden edistämiseksi. Tulevaisuudessa energian hinnan odotetaan nou-  
sevan, mikä lisää painetta energian käytön tehostamiselle.



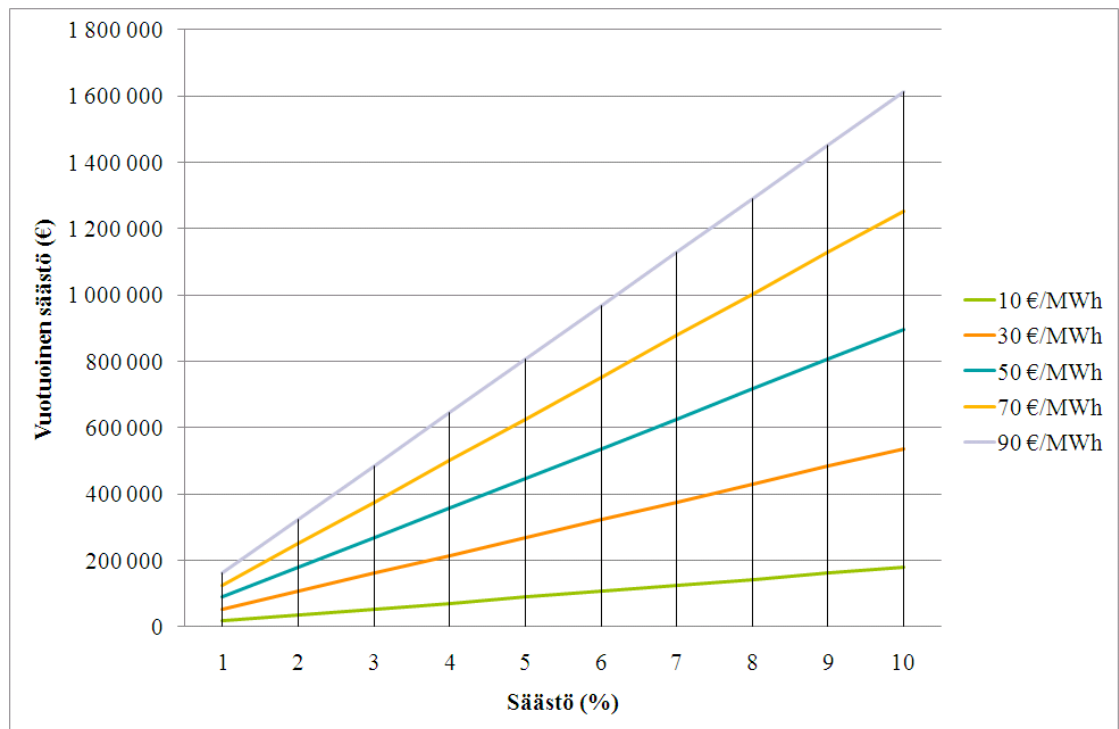
KUVIO 4. Voimalaitospolttoaineiden hinnat (€/MWh) lämmöntuotannossa 1995– (Tilastoja 2010, 32)



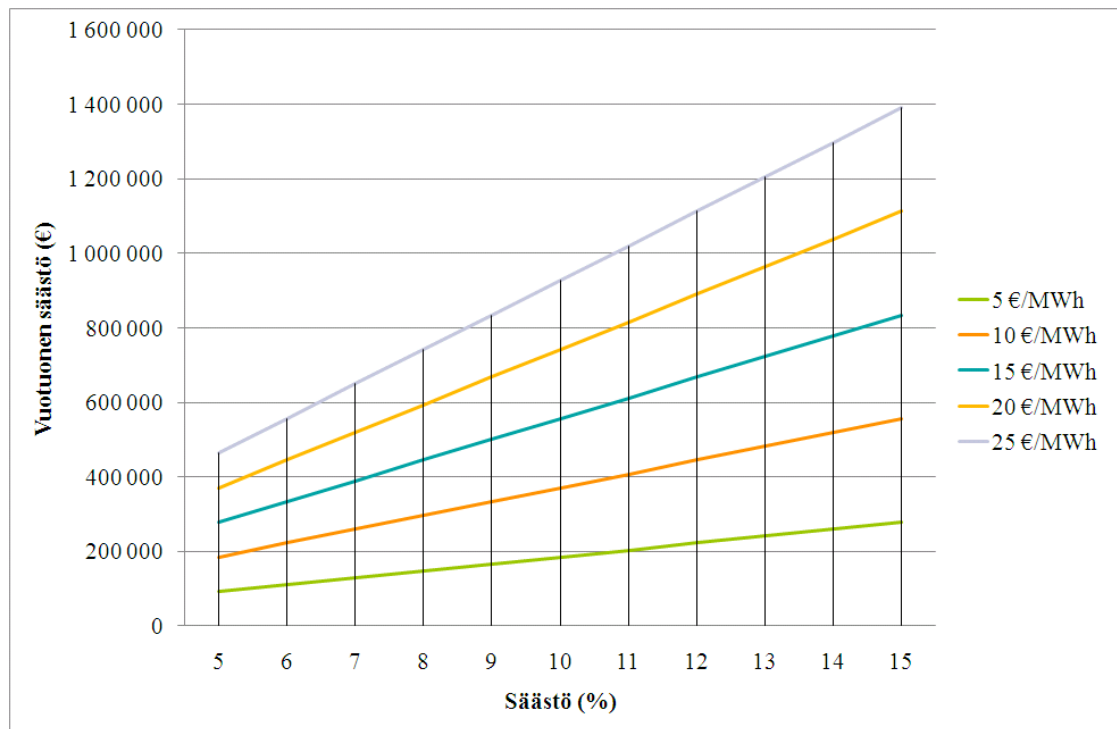
KUVIO 5. Voimalaitospolttoaineiden hinnat (€/MWh) sähköntuotannossa 1995– (Tilastoja 2010, 32)

Energiakustannusten osuus paperinvalmistuksesta on keskimäärin 10–15 % (Fisher Logic 2007). Energiankäyttöä tehostamalla on sähkönkäytöstä mahdollista saada keskimäärin 5 % säästö sekä lämmönkulutuksesta keskimäärin 15 % (Sivill 2004). Kuviosta 6 ja 7 on nähtävissä sähkön ja lämmön käytön tehostamisesta saatavissa olevat

kustannussäästöt. Esimerkit on laskettu sanomalehtipaperikoneelle, jonka leveys on 9 metriä ja tuotantonopeus 1700 metriä minuutissa. Esimerkiksi sähkön hinnan ollessa 50 €/MWh ja säästöprosentin 4, on vuotuiset kustannussäästöt noin 350 000 euroa. Lämmönkäyttöä vähentämällä 10 % lämmön hinnan ollessa 15 €/MWh, on mahdollista saavuttaa noin 550 000 euron vuotuinen säästö.



KUVIO 6. Sähkön käytön 1–10 % vähentämisellä on mahdollista saada merkittäviä kustannussäästöjä



KUVIO 7. Lämmön käytön 5–15 % vähentämisellä on mahdollista saada merkittäviä kustannussäästöjä

## 2.4 Energiatehokkuuden edistämisen esteet

Energiatehokkuuden edistämiseksi on useita esteitä, jotka vaihtelevat tapauskohtaisesti. Ohessa on esitelty tyypillisimpiä esteitä.

### Termodynamiikka

Termodynamiikan lait asettavat rajan paperinvalmistusprosessien energiankulutuksen tehostamiselle, niin sanotun teoreettisen minimin. Esimerkiksi veden haihduttaminen ja kemialliset reaktiot vaativat tietyn määrän energiaa. Suuret parannukset prosessien energiatehokkuuteen edellyttävätkin merkittäviä muutoksia prosesseihin. (Energy Visions 2050, 2009, 8.)

### Tiedon puute ja tekniset esteet

Tiedon puute ja tekniset esteet ovat energiatehokkuuden edistämisen merkittävimpiä esteitä. Tietoa ei ole helposti saatavilla esimerkiksi uuden tekniikan saatavuudesta eikä sen ja oman energiankulutuksen kustannuksista. Tekniset esteet, kuten standardoinnin puute energiaa käyttävien laitteiden ja osien osalta, voivat hankaloittaa ener-

giatehokkaiden tekniikoiden markkinoille pääsyä. Markkinoiden toimijat eivät välttämättä ota näitä seikkoja riittävästi huomioon tai heillä ei ole resursseja ratkaista niitä. (Vihreä kirja energiatehokkuudesta 2005, 13.)

Esimerkiksi vanhoissa paperitehtaissa tiedon puute ja tekniset esteet aiheuttavat merkittävän energiatehokkuuden edistämisen esteen. Tyypillistä on, että tehtaita uusitaan ja kehitetään vaiheittain. Tämä aiheuttaa sen, että uudet hankitut ratkaisut eivät välttämättä edistä kokonaisenergiatehokkuutta. (Mts. 13.)

### **Investoinnin esteet**

Uutta investointia tehdessä investoijat saattavat päätyä vanhentuneen, ei niin kustannus- ja energiatehokkaan, tekniikan hankkimiseen. Tähän on useita syitä. Esimerkiksi uusista tekniikoista ja niiden pitkän aikavälin kokonaisvaikutuksista investoinneista saatavaan tuottoon ei välttämättä ole saatavilla tarpeeksi tietoa eikä koulutusta. Joissakin tapauksissa pelätään myös uusien teknologioiden ja tekniikoiden varhaiseen käyttöönottoon liittyvää riskiä. (Mts. 13.)

Energiatehokkuutta edistävän investoinnin haasteena voi olla myös, ettei toimenpiteen rahoitukseen ole olemassa riittävästi rahoitusvälineitä, koska energiatehokkuutta tukevat toimenpiteet ovat pääasiassa pienimuotoisia. Tämä on hyvin ongelmallista investoinneilla, joilla on usein pitkä takaisinmaksuaika. Lisäksi investointipäätöksiin voi vaikuttaa niin sanottu jakautuneen kannustimen ongelma eli pelkästään energiatehokkuus ei ole investoinnin edellytys vaan sillä pitäisi saavuttaa myös esimerkiksi tuotannon tehostamista. Myös hinnoittelu voi olla harhaanjohtavaa. (Mts. 13.)

Teollisuutta ja investoijia tulisi kannustaa sisällyttämään energiaa säästävää vaihtoehto rahoitussuunnitteluun. Investoijat olisi saatava tietoisiksi energiatehokkuutta parantavien investointien hyvästä kustannus-hyötysuhteesta ja toisinaan myös erittäin lyhyistä takaisinmaksuajoista. Myös energiatehokkaiden tekniikoiden tukijoiden olisi esitettävä vahvaa näyttöä uuden tekniikan positiivisista ominaisuuksista etsiessään tukea investoijilta. (Mts. 13.)

## **Energiapalvelut**

Teoriassa markkinavoimat tuottavat aikanaan energiatehokkaan lopputuloksen ilman ulkoista puuttumista (mts. 14). Teoria perustuu siihen, että energiakustannusten halutaan olevan mahdollisimman alhaiset, joten energian hinnannousu aiheuttaa paineita käytön tehostamiselle. Jotta energian käyttöä tehostetaan nopeammin ja samalla vähennetään energian kysyntää, on tarpeellista edistää energiamarkkinoiden markkinavetoista muutosta. Markkinavoimat ovat edelleen tärkeässä asemassa sovitettaessa kysyntää tarjontaan. (Mts. 14.)

Markkinoiden avautumisella on ollut energiatehokkuutta edistävä vaikutus. Kilpailupaine on saanut sähköyhtiöt tekemään teknisiä investointeja ja tuottamaan sähköä tehokkaammalla tavalla. Markkinoiden avautuminen on vaikuttanut sähkön hintoihin. Vuosina 1995–2005 teollisuuden suurkäyttäjien todelliset sähkön hinnat laskivat keskimäärin 10–15 %. (Mts. 14.)

Alhaiset energianhinnat eivät välttämättä kannusta sen enempää tehokkaaseen energiankulutukseen kuin energiatehokkuuteen investoimiseenkaan, usein vaikutus on aivan päinvastainen (mts. 14). Tämä johtuu investoinnin kannattavuudesta. Energian hinnan ollessa alhainen investoidaan mieluummin kohteisiin, joista saadaan suurempi taloudellinen hyöty. Onkin siis mietittävä muita ohjauskeinoja (esimerkiksi verot) energiatehokkuuden lisäämiseen.

## **Hinnoittelu**

Energiatuotteiden (=sähkö, lämpö ja polttoaineet) nykyinen hinnoittelu ei ohjaa kuluttajia tekemään taloudellisia ja järkeviä energiankäytön ratkaisuja. Se ei ota huomioon tuotteiden suhteellisia energiasisältöjä eikä niiden käytön ympäristövaikutuksia. Nykyinen hinnoittelujärjestelmä ei takaa ulkoisten kustannusten sisällyttämistä energiahintoihin eikä tuottamaan energiaa ympäristöystävällisistä lähteistä. Nykyinen hinnoittelurakenne ja alhaiset hinnat eivät kannusta energiankulutuksen tehostamiseen, vaan saattavat jopa johtaa kulutuksen lisääntymiseen. (Mts. 15.)

### **Viranomaistoiminta**

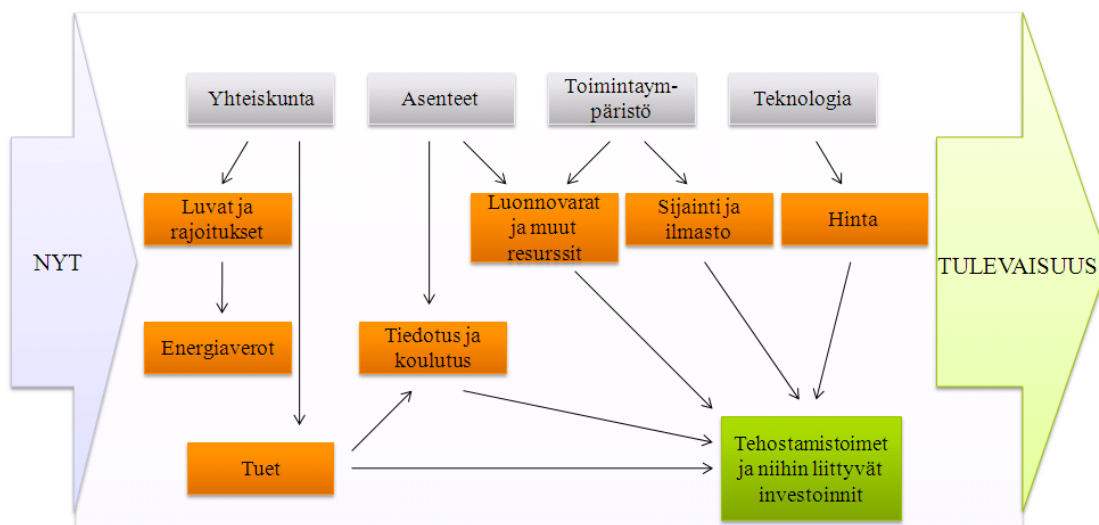
EU:n jäsenvaltiot epäröivät sitoutua vapaaehtoiseen energiatehokkuuden lisäämisohjelmaan, vaikka maat ovat myöntäneet, että lisätoimia energiankäytön tehostamiseksi tarvitaan. Myös valtiontukea ja verotoimenpiteitä, kahta tärkeää energiatehokkuuden ohjausvälinettä, käytetään toisinaan väärin. Lisäksi ongelmana on erillisten pienten tukien suuri määrä, joilla on vain rajallinen kokonaisvaikutus. Sama koskee verovälineitä. Verotasoja tulisi laskea erikoistuotteilta, jotka kuluttavat vain vähän energiaa, ja nostaa tuotteilta, jotka tarvitsevat paljon energiaa. (Mts. 14–15.)

### **Tiedotus ja koulutus**

Energiatehokkuuden tiedotuskampanjoihin on kiinnitetty vähän huomiota. On kuitenkin koettu, että esimerkiksi teollisuuden työntekijöillä ei ole tarpeeksi osaamista energiatehokkuuden edistämiseen työssään. Energiatehokkuustietoisuutta lisäävät kampanjat voivat parhaimmillaan muuttaa näkemyksiä ja kannustaa toimintaan. Erityisesti teollisuusasiakkaille tiedottaminen on tärkeää, sillä teollisuudessa käytetään paljon energiaa. Myös energiatehokkuuden asiantuntijoille ja palvelujen tarjoajille tiedottaminen on tärkeää yhteistyöverkostojen muodostamiseksi. (Mts. 13, 15.)

Myös koulutuksella on merkittävä rooli energiatehokkuuden arvostuksen lujittamisessa. Hyväksi koettu toimintamalli on erilaisten koulutustapahtumien järjestäminen yrityksissä. Energiatehokkuuden koulutuksessa on useita ulottuvuuksia, joita on syytä käyttää koko elinikäisen oppimisen asteikolla. (Mts. 16.)

Energiatehokkuuden edistämisellä on useita esteitä, jotka on hyvä tiedostaa. Energiatehokkuuden esteitä ja muutamia niiden välisiä riippuvuussuhteita on esitetty kuviossa 8. Esteet saattavat aiheutua yhteiskunnasta, asenteista, toimintaympäristöstä ja teknologiasta. Tehostamistoimia suunniteltaessa on tiedostettava olemassa olevat esteet ja niiden vaikutukset kokonaisuuteen.



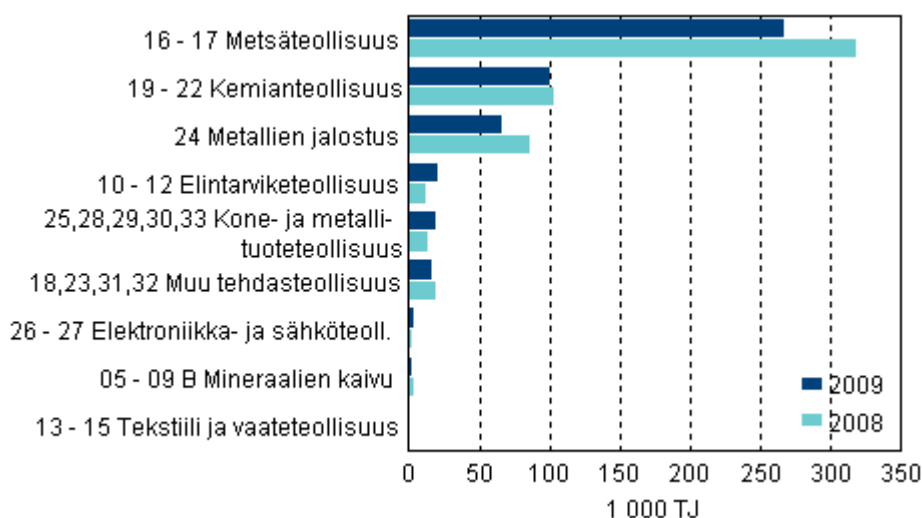
KUVIO 8. Energiatehokkuuden edistämisen esteitä

### 3 MASSA- JA PAPERITEOLLISUUDEN ENERGIATEHOKKUUS

#### 3.1 Energiankulutus massa- ja paperiteollisuudessa

Massa- ja paperiteollisuudella on tarve energian tehokkaaseen käyttöön, sillä sen vuotuinen energiankulutus on korkea. Vuonna 2009 Suomen massa- ja paperiteollisuus kulutti energiaa 244 PJ, josta polttoaineiden osuus oli 186 PJ, sähkön osuus 40 PJ ja lämmön osuus 18 PJ. Kokonaisuudessaan tämä vastaa noin 48 % osuutta koko Suomen teollisuuden vuonna 2009 kuluttamasta energiasta. Taloudellisesti paperiteollisuuden vuosittain kuluttama energia vastaa noin miljardia euroa. (Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain vuonna 2009, 2010.) Kuviossa 9 on esitetty eri teollisuudenalojen energiankulutukset vuosina 2008 ja 2009. Massa- ja paperiteollisuus kuuluu metsäteollisuuden osa-alueeseen.





KUVIO 9. Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain vuosina 2008 ja 2009 (Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain 2010)

Tuotantoa tehostamalla saadaan monessa tapauksessa tehostettua myös energiankäyttöä. Viime vuosina paperiteollisuudessa energiankulutus on kasvanut hitaammin kuin tuotanto. Energiatohokkuuden lisäämiseen kannustavat jatkossa energiahintojen nousu, yrityksen ympäristöimago sekä huoli ympäristöstä. Massa- ja paperiteollisuudessa energiatohokkuus tulee tulevaisuudessa korostumaan tiukentuvan markkinatilanteen takia. (Energia- ja materiaalitohokkuutta parannetaan aktiivisesti 2011.)

EU ja kansallinen lainsäädäntö vaikuttavat ohjaavasti massa- ja paperiteollisuuden energiankulutukseen. Teollisuudenalan on itse toteutettava tarvittavat toimenpiteet mukautuakseen vallitseviin määräyksiin, joista päästökauppa on tärkein. Tässä yhteydessä energiatohokkuus on välttämätön väline. Lisäksi EU:n komissio on IPPC (= Integrated Pollution Prevention and Control) -direktiivin myötä määrännyt, että kaikkia tuotantolaitoksia tulee käyttää mahdollisimman energiatohokkaasti. Direktiivin toinen keskeinen asia on vaatimus parhaan käytettävissä olevan tekniikan (Best Available Techniques, BAT) käyttämisestä toiminnoissa, jotka saattavat aiheuttaa ympäristön pilaantumista. IPPC-direktiivin ohessa on valmistunut energiatohokkuuden BREF-asiakirja (= parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirja (Reference Document)). Siinä annetaan tietoa parhaiden toimintatapojen kehittämiseksi energiajärjestelmissä, joita käytetään paljon teollisissa prosesseissa (esimerkiksi moottori- ja pumppujärjestelmät). Edellä mainittujen seikkojen lisäksi massa- ja pape-

riteollisuuden odotetaan tekevän merkittäviä energiatehokkaita lisäparannuksia prosesseihinsa ja käyttämiinsä koneisiin (esimerkiksi sähkömoottorit ja kompressorit) taloudellisten kannustimien myötä. (Vihreä kirja energiatehokkuudesta 2005, 29.)

### 3.2 Energiatehokkuussopimukset

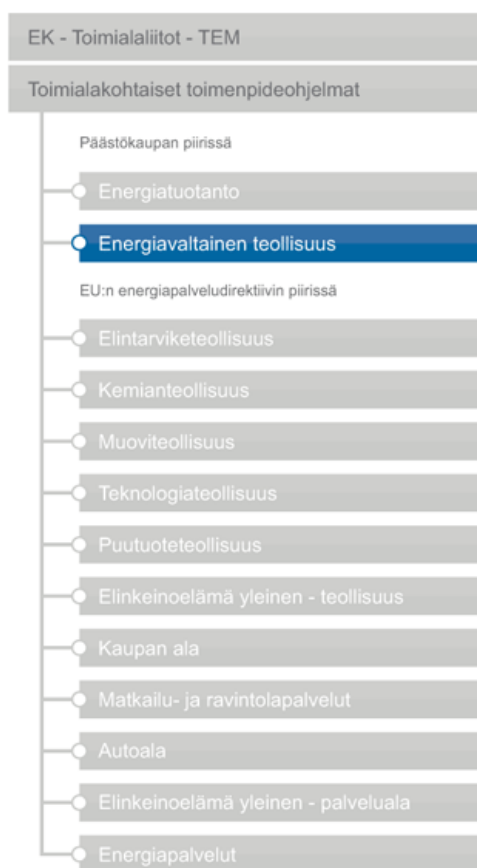
Energiatehokkuussopimukset ovat tärkeässä roolissa energiatehokkuuden edistämisessä eri toiminta-alueilla Suomessa (Sopimustoiminnan kulmakivet 2011). Niiden tarkoituksena on osaltaan vastata Suomen kansainvälisiin sopimuksiin ilmastonmuutoksen vastaisessa työssä. Sopimusjärjestelmällä onkin tärkeä rooli kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa. Tällä hetkellä voimassa olevien energiatehokkuussopimusten sopimuskausi on 2008–2016. Nykyiset sopimukset ovat jatkoa kauppaja teollisuusministeriön vuonna 1997 käynnistämille vapaaehtoisille energiansäästösopimuksille. Energiatehokkuussopimusjärjestelmä on kattava vapaaehtoisten sopimusten järjestelmä, jossa oli vuoden 2011 alussa mukana yli puolet Suomen energian loppukäytöstä. (Energiatehokkuussopimukset ja -katselmukset 2011.)

Energiatehokkuussopimusten tavoitteena on ohjata yrityksiä ja yhteisöjä määrätietoisesti kohti parempaa energiatehokkuutta. Sopimukseen liittyneet yritykset ja yhteisöt asettavat omat energiankäytön tehostamistavoitteet, toteuttavat niiden saavuttamiseksi erilaisia toimenpiteitä ja raportoivat energiatehokkuustoimenpiteiden toteutumisesta vuosittain. Periaate energiatehokkuuden jatkuvasta parantamisesta on tärkeässä osassa sopimuksia. (Mt.)

Yhtenä sopimusjärjestelmän tärkeänä tavoitteena on edistää uusien energiatehokkaiden tekniikoiden ja palveluiden käyttöönottoa. Valtio tukee sopimuksiin liittyneiden yritysten ja yhteisöjen energiakatselmuksia ja -analyyssejä sekä toisinaan myös energiatehokkuusinvestointeja ja uusien energiatehokkaiden teknologioiden käyttöönottoa. (Mt.)

Kuviossa 10 on havainnollistettu energiatehokkuuden toimenpideohjelmien kokonaisuuden rakentuminen. Massa- ja paperiteollisuus kuuluu energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelmaan. Toimenpideohjelman mukaisesti energiavaltaisen yrityksen

vähintään yksi toimipaikka ylittää 100 GWh:n energiankäytön vuodessa. Nykyisen toimenpideohjelman painopisteenä on energiatehokkuuden jatkuva parantaminen ja uuden teknologian käyttöönotto. Elinkeinoelämän keskusliitto (EK) vastaa energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelmien toimeenpanosta. 30.3.2011 mennessä ohjelmaan oli liittynyt 38 yritystä ja 143 toimipaikkaa. (Energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelma 2010.)



KUVIO 10. Energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelma osana elinkeinoelämän energiatehokkuussopimusta (Energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelma 2010)

Energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelmaan liittyneet yritykset sitoutuvat käyttämään energiatehokkuusjärjestelmää sopimuskauden ajan, tehostamaan energiankäyttöään sekä liittämään energiatehokkuusjärjestelmän (ETJ) johtamisjärjestelmiinsä. Kahden vuoden sisällä liittymisestään yritykset asettavat itselleen määrällisen vuosittaisen energiansäästö tavoitteen, samassa yhteydessä energiatehokkuusjärjestelmän käyttöönoton kanssa. Yritysten tulee edistää mahdollisuuksien mukaan myös

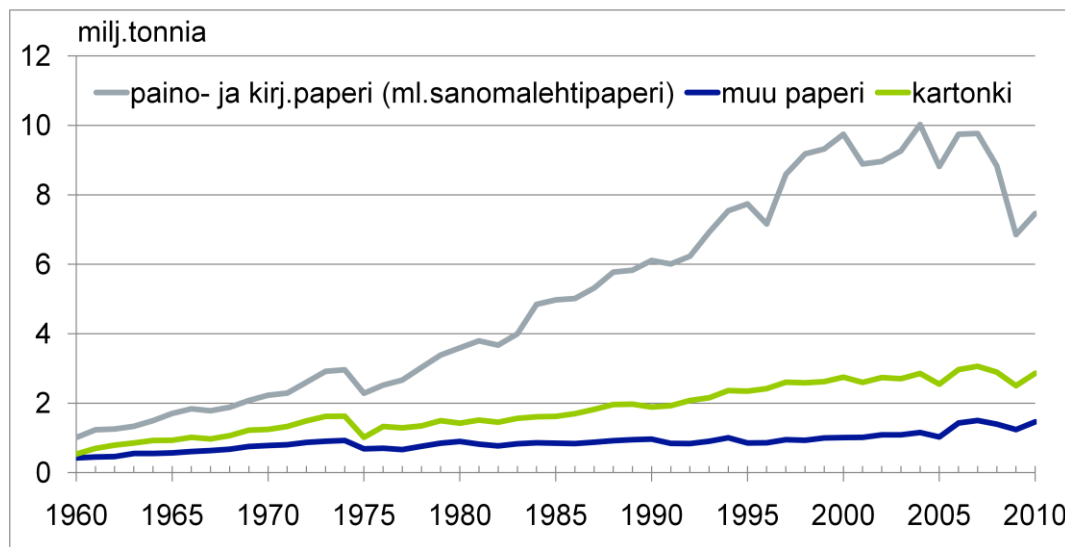
uuden energiatehokkaan teknologian käyttöönottoa sekä kuljetusten energiatehokkuuden tehostamista. (Mt.)

Toimenpideohjelmaan liittyessään yritykselle tulee energiankäytön raportointivelvoite. Raportointi sisältää tiedot edellisen vuoden energiankäytöstä, energian käyttöön liittyvistä tehostamistoimista ja muiden toimenpideohjelmaan liittyvien toimien toteutumisista toimipaikkakohtaisesti eroteltuna. Raportointi tehdään energiatehokkuussopimuksen seurantajärjestelmään vuosittain helmikuun loppuun mennessä. (Mt.)

### 3.3 Massa- ja paperiteollisuuden tulevaisuus

Paperiteollisuuden tuotannon kehitys on keskeisessä roolissa alan energian kulutuksen kehityksen kannalta. Tällä hetkellä paperiteollisuuden tuotantonäkymiin liittyy suuria epävarmuustekijöitä, joten tuotannon tulevaisuuden ennustaminen on hankalaa. Kuviossa 11 on nähtävissä paperiteollisuuden tuotannon kehitys vuosilta 1960–2010.

Vuonna 2010 Suomessa tuotettiin paperia ja kartonkia yhteensä 11,8 miljoonaa tonnia.



KUVIO 11. Suomen paperin ja kartongin tuotannon kehittyminen vuosina 1960–2010 (Paperin- ja kartongin tuotannon kehittyminen vuosittain 2011)

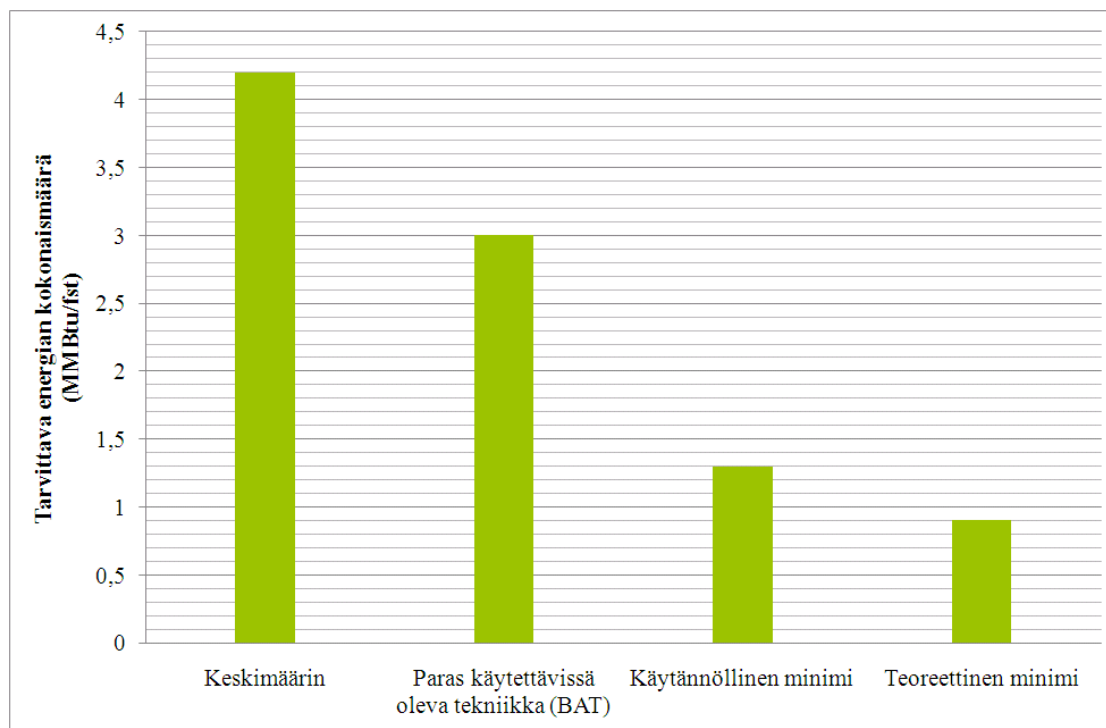
Viimeisen viiden vuoden aikana paperiteollisuudessa on tapahtunut suuri rakenteellinen muutos, joka on nähtävissä myös kuviossa 11. Muutoksen seurauksena tuotanto

on vähentynyt merkittävästi. Ennustusten tekeminen seuraavalle 10 vuodelle on haastavaa. Oletettavaa kuitenkin on, että tuotanto ei tule palaamaan 2000-luvun alun huippulukemiin, mutta todennäköisesti tuotannon määrä tulee ainakin jonkin aikaa pysymään tämän hetken lukemissa.

Vuonna 2006 Metsäteollisuus ry ja Paperiliitto ry perustivat avoimen tiedonvaihdon ylläpitämiseksi Paperiteollisuuden tulevaisuusfoorumin. Joulukuussa 2010 julkaisussa tulevaisuustyöryhmän raportissa todetaan, että Suomen paperiteollisuuden tuottavuuden kehitys on viime vuosina jäänyt kilpailijamaista jälkeen ja alan kannattavuus on heikko. Suomessa tuottavuutta ei enää voida parantaa rakentamalla suurempia paperikoneita. Toimintaympäristö on muuttunut merkittävästi tuotannon ja kysynnän kasvun siirtyessä kehittyvien talouksien alueille. Samaan aikaan Suomen paperiteollisuuden päämarkkinoilla, Euroopassa, paperin kysyntä kasvaa hitaasti. Lisäksi Euroopassa paperin ylikapasiteetti lisää alan haasteita. Uudet investoinnit painottuvat alueille, missä kasvu- ja kannattavuusedellytykset ovat parhaat. (Paperiteollisuuden tulevaisuustyöryhmän raportti 2010.)

Metsäteollisuuden tilannetta ovat vaikeuttaneet myös työvoima-, energia-, kuljetus- ja raaka-ainekustannusten nousu sekä dollarin heikkeneminen. Maailmanmarkkinoilla tuotteiden reaalihinnat ovat laskeneet. Jotta tuotanto pysyy Suomessa kannattavana, täytyy kaikkia toimintoja tehostaa. Pitkällä aikavälillä tuotanto- ja tuoterakenteen muutokset sekä uusien, korkeamman jalostusasteen tuotteiden kehittäminen vahvistavat alan menestymismahdollisuuksia ja auttavat säilyttämään työpaikkoja Suomessa. (Paperiteollisuuden tulevaisuustyöryhmän raportti 2010.)

Tulevaisuudessa parhaiden nykyisten prosessien sekä tulevaisuuden teknologioiden avulla on mahdollista saavuttaa merkittävimmät energiantehostamistoimet. Tehostamisella voi parhaimmillaan saavuttaa jopa 50–70 % energiansäästön verrattuna alkuperäiseen kulutukseen (Energy Visions 2050, 2009, 8). Kuviossa 12 on esitetty erään tarkastelutapauksen paperin kuivatuksen energian kokonaiskulutus ja mahdolliset tehostamistasot keskimääräisellä kulutuksella, parhaalla käytettävissä olevalla tekniikalla (BAT), käytännöllisellä minimillä ja teoreettisella minimillä.



KUVIO 12. Energian kokonaiskulutus paperinkuivatuksessa (mukaillen Grossmann 2008, 69)

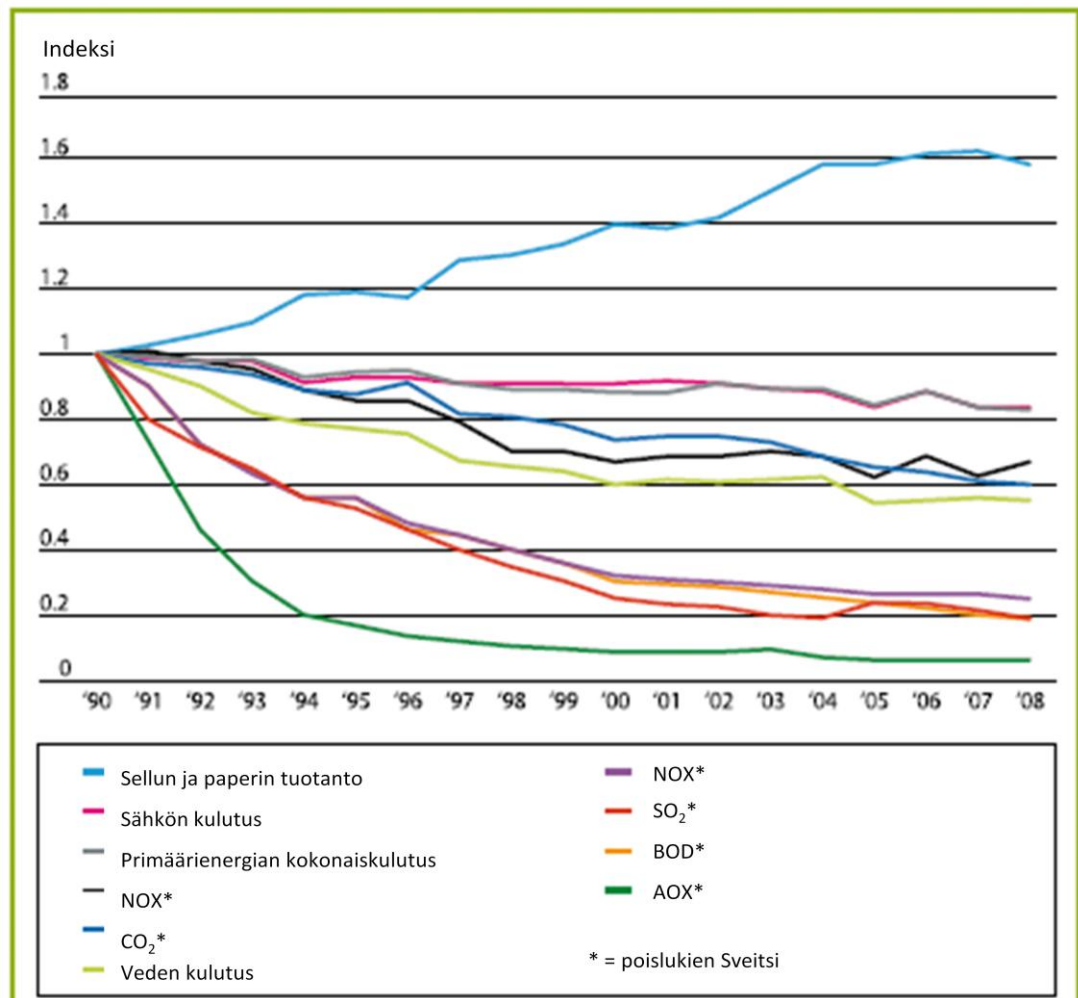
## 4 PAPERIKONEEN ENERGIA TEHOKKUUS

### 4.1 Paperikoneen energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät

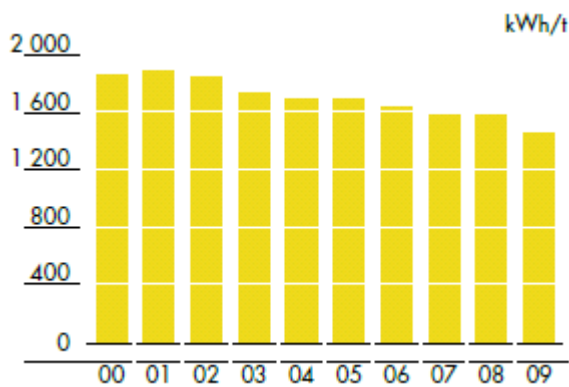
Euroopan paperiteollisuuden liiton (=CEPI) tekemän selvityksen mukaan paperinvalmistuksen energiankäyttö on vähentynyt 20 viimeisen vuoden aikana noin 20 %, kuten kuvio 13 on nähtävissä. Vastaavanlainen kehitys on nähtävissä UPM:n tekemässä tilastossa (kuvio 14) paperinvalmistuksen sähkönkulutuksesta vuosina 2000–2009. Tarkastelujakson aikana tapahtuneet paperitehtaiden sulkemiset ja yksittäisten paperikoneiden alasajot saattavat vääristää tuloksia. Tehtaiden sulkemisen ja koneiden alasajon myötä paperiteollisuuden kokonaisenergiankulutus on vähentynyt, mutta vastaavasti tuotantomääräkin on pienentynyt.

Energiatehokkuutta tänä aikana ovat parantaneet muun muassa vedenkulutuksen väheneminen valmistusprosessissa, prosessisakeuden nostamisesta aiheutunut pumppauksen tarpeen väheneminen sekä taajuusmuuttajien käyttö moottoreissa. (Metson edistykelliset teknologiaratkaisut vähentäneet suomalaisten paperitehtaiden veden- ja

energiankulutusta 2009.) Myös jauhinterien kehitys on parantanut energiatehokkuutta (Sundholm 1998). Lisäksi lämpöenergian tarvetta on pystytty vähentämään kierrättämällä suodoksia prosessissa sen sijaan, että otettaisiin prosessiin kylmää tuorevettä (Metson edistykselliset teknologiaratkaisut vähentäneet suomalaisten paperitehtaiden veden- ja energiankulutusta 2009).

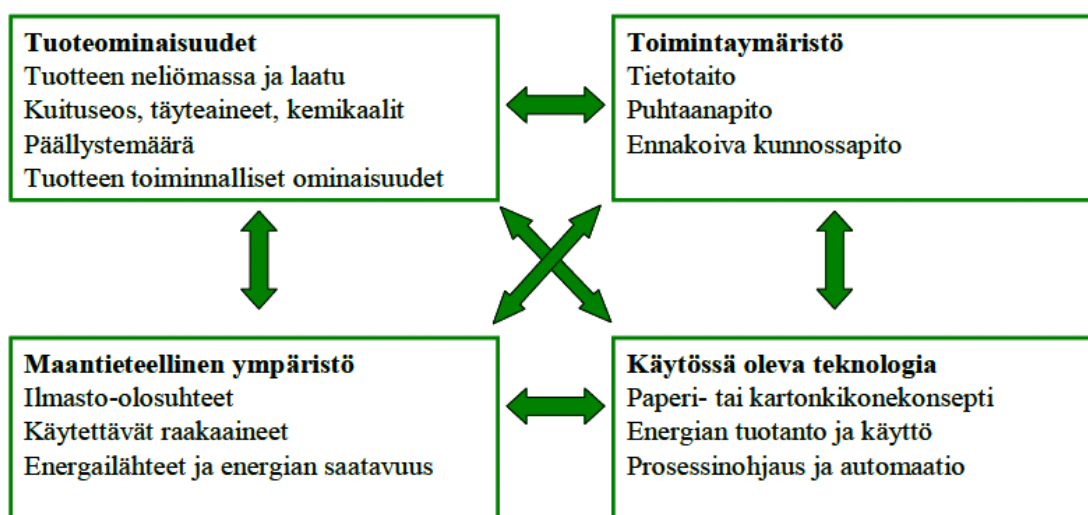


KUVIO 13. Eurooppalaisen paperiteollisuuden kulutuslukujen kehitys vuosina 1990–2008 (mukaiillen Sustainability Executive Summary 2009, 2010)



KUVIO 14. Sähkönkulutus paperitonnia kohti (UPM Vuosikertomus 2009, 2010, 39)

Paperinvalmistusprosessiin tarvitaan paljon energiaa, joten energiatehokkuus korostuu paperikoneella sen tarjoaman suuren säästöpotentiaalin takia. Energiatehokkuus on kuitenkin monen tekijän summa, mitä on eritelty kuviossa 15. On esitetty, että paperin- ja kartonginvalmistuksessa energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä on neljä: tuoteominaisuudet, toimintaympäristö, maantieteellinen ympäristö ja käytössä oleva teknologia. Usein onkin vaikeaa vaikuttaa vain yhteen energiatehokkuuteen vaikuttavaan tekijään, joten energiatehokkuuden parantaminen on aina käsiteltävä kokonaisvaltaisesti (Turunen, Heinonen, & Pakarinen 2010, 5).



KUVIO 15. Energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä paperin- ja kartonginvalmistuksessa (Turunen ym. 2010, 5)



Paperinvalmistuksessa käytettävän sähkön ja lämmön määrä riippuu tarkasteltavasta koneesta ja valmistettavasta tuotteesta. Merkittävimmät erot kulutuksessa johtuvat paperikoneteknologiasta, massan ominaisuuksista ja lopputuotteen laatuvaatimuksista. Esimerkiksi massan ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus veden poistoon niin märkäässä kuin kuivatuksessakin. Myös ajettavuus eri paperilajeilla vaihtelee merkittävästi, mikä aiheuttaa eroja ominaiskulutukseen. (Turunen 2010c, 357–358.)

Kuten taulukosta 1 on nähtävissä, sähkön ja lämmön ominaiskulutusvaihtelut jopa yhden paperilajin valmistuksessa ovat suuret. Ominaiskulutus on energiankulutuksen ja tuotannon välinen suhde. Esimerkiksi sc-paperin (= superkalanteroitettu paperi) korkeaan sähkön ominaiskulutukseen vaikuttavat muun muassa pieni neliöpaino, suuri ajonopeus sekä kalanterointi. Alhainen lämmön ominaiskulutus johtuu suuresta täyteainepitoisuudesta, minkä vuoksi paperi kuivuu nopeammin. Linerin ja flutingin alhaiseen sähkön ominaiskulutukseen vaikuttavat muun muassa suuri neliömassa ja koneen alhainen ajonopeus. Kartongin (= carton board) suureen lämmön ominaiskulutukseen vaikuttavat muun muassa kartongin paksuus, mistä pitää haihduttaa paljon vettä kuivatusosalla.

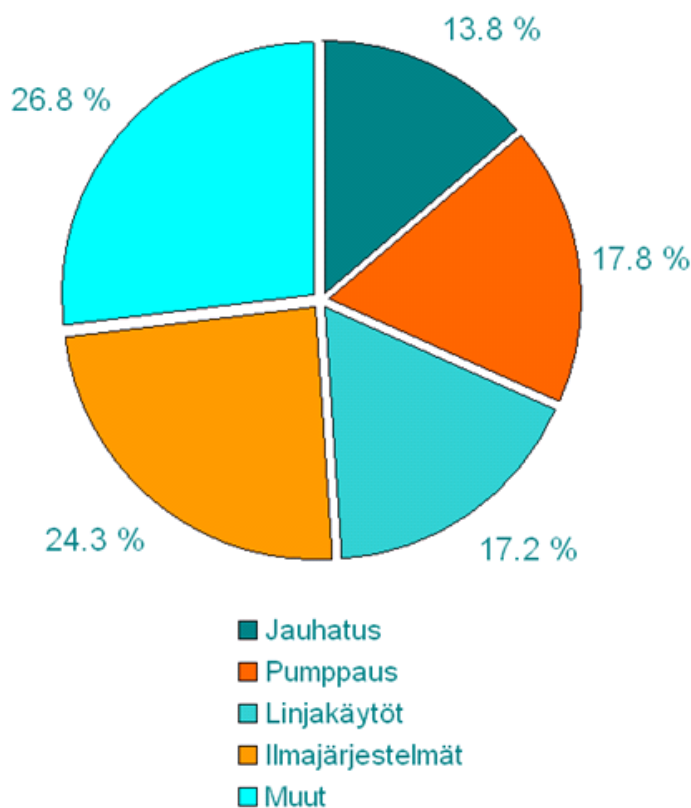
TAULUKKO 1. Eri paperilajien sähkön ja lämmön ominaiskulutuksia (mukaillen Turunen 2010c, 357)

	Sähkö (kWh/t)			Prosessilämpö (kWh/t)		
	Keskimäärin	Min	Max	Keskimäärin	Min	Max
Sanomalehti	556	386	760	1151	789	1469
SC	621	419	848	976	710	1213
LWC	598	485	696	1485	1015	3866
WFU	578	278	1610	1476	917	3100
WFC	567	421	869	1594	673	4569
Liner & Fluting	421	283	717	1214	962	1833
Kartongit	592	230	1102	1562	994	1987

## 4.2 Sähkönkulutus paperikoneella

Paperikoneen merkittävimpiä sähkönkuluttajia ovat muun muassa jauhimien, pumppujen ja linjakäyttöjen sähkömoottorit (ks. kuvio 16) (Energia Suomessa 2004, 49). Säh-

kömoottorit kuluttavat noin 65 % Suomen teollisuuden sähköstä (Energiansäästö n.d).  
Lisäksi sähköä kuluu paljon mahdollisilla jälkikäsittelyn infrapuna-kuivaimilla.  
(Energia Suomessa 2004, 49).



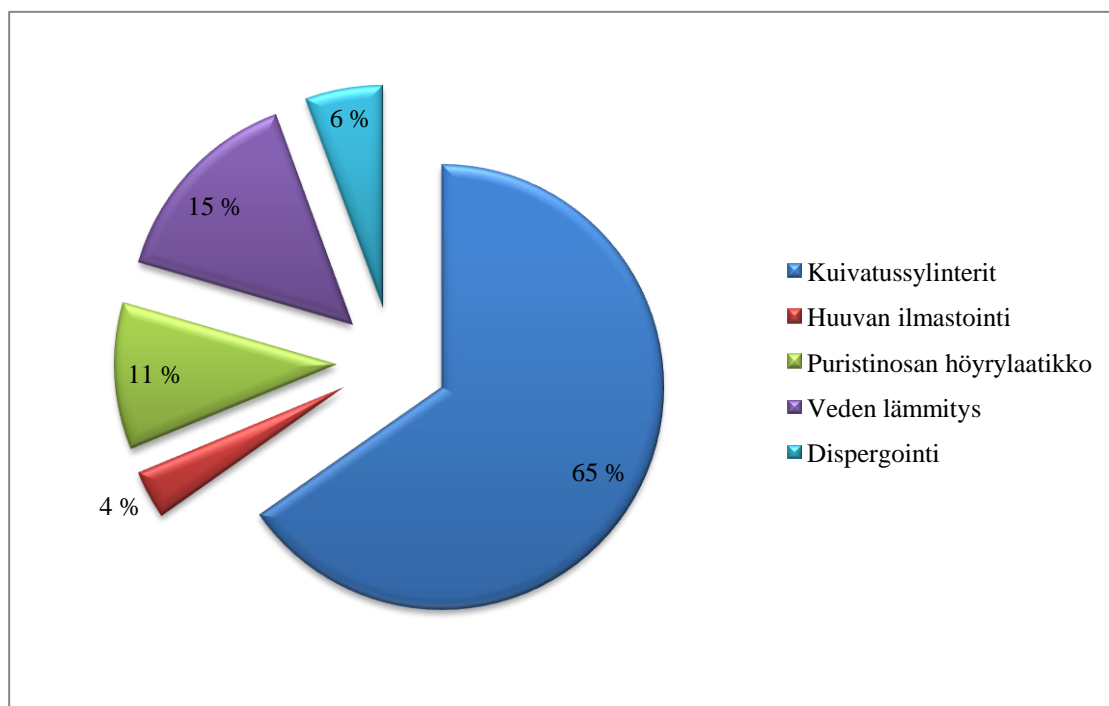
KUVIO 16. Paperinvalmistuksen eniten sähköä kuluttavat osaprosessit (Turunen 2007)

Sähkön ominaiskulutukseen voidaan vaikuttaa parhaiten parantamalla tuotantotehokkuutta, sillä tuotantokatkojen aikana tuotantolinjan kuluttama sähköenergia ei vähene merkittävästi. Myös seisokin aikana kuluu energiaa, mikä vaikuttaa koko tehtaan sähkönkulutukseen. (Turunen ym. 2010, 17.) Muilta osin sähköenergian käytön tehostamisessa on kyse tyypillisesti yksittäisten laitteiden hyötysuhteiden parantamisesta, laitteiden ja käyttömoottoreiden oikeasta mitoituksesta, hylkytuotannon ja vajaakapasiteettiajon minimoinnista ja tuotantoprosessien yksinkertaistamisesta. Laitemitoituksen tärkeys korostuu kohteissa, joissa ylimääräinen teho muuttuu hyödyntämättömäksi lämmöksi. Lisäksi oikea mitoitus parantaa laitteiden käytettävyyttä. Tarkkaa laitemitoitusta vaikeutta tuotannon kasvuun varautuminen. Näin ollen osa laitteista toimii aluksi epätaloudellisesti osakuormassa. (Energia Suomessa 2004, 213.)

### 4.3 Lämmönkulutus paperikoneella

Teollisuudessa lämpöenergiaa käytetään höyrynä ja suoraan prosessipolttoaineena. Paperikoneen suurin höyrynkuluttaja on kuivatusosa. Yli 2/3 koko paperikonelinjan tarvitsemasta lämpöenergiasta kuluu kuivatusosalla. (Turunen ym. 2010, 18.)

Kuviosta 17 on nähtävissä lämmönkulutuksen jakautuminen osaprosesseittain paperinvalmistuksessa. Lämpö kuluu lähes kokonaan kuivatusosalla höyrylämmitteisissä kuivatussylinterieissä, joilla haihdutetaan vettä paperirainasta. Kuivatusosalta poistuvalla lämpimällä ja kostealla ilmalla lämmitetään muun muassa korvausilmaa ja prosessivesiä. (Energia Suomessa 2004, 49.) Prosessin lämmityksen tarpeen suuruus riippuu vuodenajasta. Merkittävä osa linjan lämpöenergiasta kuluu puristimen höyrylaatikon ja huuvan korvausilman lämmityspattereihin. Pieni määrä höyryä kuluu kalanteroitavilla lajeilla myös kalanterin termotelojen lämmittämiseen sekä esimerkiksi kierätysmassalla massankäsittelyssä dispergointiin. (Turunen ym. 2010, 18.)



KUVIO 17. Paperinvalmistuksen eniten lämpöä kuluttavat osaprosessit (Turunen 2007)

Paperikoneen energiataloutta on parannettu muun muassa nostamalla rainan kuiva-ainepitoisuutta puristinosalla, optimoimalla imujärjestelmän käyttöä sekä kehittämällä

kuivatusosaa ja lämmöntalteenottojärjestelmää. Lämpöä voidaan hyödyntää vielä sen primäärikäytön jälkeenkin toisin kuin sähköä, joka tosin osittain muuttuu lämmöksi. Paperitehtaalla käytettävä höyry saadaan sellutehtaaseen integroidussa tehtaassa sellutehtaan sooda- ja kuorikattilasta, muissa tapauksissa paperitehtaan monipolttoainekattilasta. (Energia Suomessa 2004, 49, 213.)

#### **4.4 Paras käytettävissä oleva tekniikka ja energiankäytön tehostamisen tulevaisuudessa**

Massa- ja paperiteollisuuden paras käytettävissä oleva tekniikka on energiataloudellinen tekniikka. Energian säästöön on monia mahdollisuuksia valmistusprosessin eri vaiheissa. Yleensä toimenpiteet liittyvät prosessilaitteiston vaihto-, kunnostus- tai parannusinvestointeihin. (Massa- ja paperiteollisuuden BAT 2010, 13.)

Käytössä olevan tuotantolaitoksen energian käytön tehostamisen kolmeksi pääteemaksi voidaan nostaa

- 1) laiteinvestoinnit, esimerkiksi
  - lämmönsiirtimien tai taajuusmuuttajien hankinta
  - laajat putkisto- tai kanavistomuutokset
  - prosessilaitteen uusinta
- 2) ajotapamuutokset ja perushuollot, esimerkiksi
  - tarpeettomien kulutusten poiskytkentä
  - lämmönsiirtopintojen puhdistus
- 3) ohjaustoimenpiteet ja yksinkertaiset muutokset, esimerkiksi
  - säätöpiirien viritys
  - pumpun juoksupyörän sorvaus pienemmäksi (Energia Suomessa 2004, 213).

Laiteinvestoinneilla on suurin säästöpotentiaali, mutta myös muutosten kustannukset voivat olla merkittävät (mts. 213). Energiansäästötoimenpiteillä pyritään yleensä säävuttamaan myös muita etuja kuin energiasäästöjä, kuten tuotannon tehostamista, tuot-

teiden laadun parantamista tai kokonaiskustannusten pienentämistä. (Massa- ja paperiteollisuuden BAT 2010, 13–14.)

Tulevaisuuden teknologioilla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä energiakustannuksissa, kuten taulukosta 2 on nähtävissä. Esimerkiksi kehittämällä tiettyyn käyttö-tarkoitukseen laatuvaatimukset täyttäviä ohuempia tuotteita voidaan saavuttaa säästöjä sekä raaka-aine- että energiakustannuksissa.

TAULUKKO 2. Tulevaisuuden teknologioilla saavutettavat säästöt energiankulutuksessa (mukaillen Energy Visions 2050, 2009, 75)

Teknologia	Sähkösäästö-potentiaali (%)	Lämmönsäästö-potentiaali (%)	Teknologian käyttöönotto-vuosi	Lisäinvestointi (€/ekvivalentti-tonni)	Käyttökulu-säästöt (€/ekvivalentti-tonni)
Mekaanisen vedenpoiston kehittäminen	-	5 %	2010	-	1
Ohuemmat tuotteet	10 %	8 %	2015	0–100	30–40
Korkea kuiva-ainepitoisuus rainan muodostuksessa	5 %	-	2020	30	1–3
Kuitujen korvaaminen täyteaineilla	-	0,5 % / prosenttiyksikkö kuitujen korvaamisessa	On jo olemassa	-	4 € / prosenttiyksikkö kuitujen korvaamisessa

## 5 ENERGIATEHOKKUUDEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ

### 5.1 Energiankäytön seuranta

Energiatehokkuuden seurantajärjestelmä on merkittävässä roolissa, kun halutaan järjestelmällisesti seurata energiankulutusta, parantaa sen tehokkuutta ja saada aikaiseksi energiansäästöä. Jotta pystytään löytämään energiankulutuksen säästökohteita, tarvitaan kattavat tiedot prosessista, kuten aine- ja energiataseet, tuotekohtaiset ominaiskulutukset ja lämpötilastot. Energiatehokkuutta voidaan arvioida vertaamalla kulutusta esimerkiksi teoreettiseen minimikulutukseen, toisten tehtaiden vastaaviin tietoihin sekä omiin aiemmin saatuihin lukuihin. Vuoden aikana tapahtuneet muutokset loppu-

tuotteiden laadussa tai raaka-aineissa tekevät ominaiskulutuksen vuosittaisesta vertailusta haastavan. (Energia Suomessa 2004, 213.)

Energiankäytön seuranta on lähtökohta energiankäytön hallinnalle. Paperiteollisuudessa energiatehokkuuden seuranta linjatasolla on melko uusi asia. Viime aikoina on kuitenkin alettu ymmärtää energiatehokkuuden raportoinnin ja monitoroinnin merkitys seurannan kannalta. Paperinvalmistusympäristössä tiedetään energiankäyttö yleensä karkealla tasolla ja yksittäisen paperikoneen energiatehokkuutta seurataan vain muutaman tunnusluvun avulla. On tyypillistä, että energiatehokkuustietoja saadaan vain rajallisesti, tiedot on esitetty hajautetusti eri järjestelmissä ja muodoissa. Prosessinkäyttäjällä on oltava työkaluja, jotta hän pystyy työssään tehostamaan energian käyttöä. Energiatehokkuus on otettava huomioon myös linjan suunnitteluvaiheessa, jotta kaikki tarpeellinen mittaustieto on prosessinkäyttäjän saatavissa. (Turunen 2011a, 31.)

Energiankäytön tehokkaalla seurannalla on vaikutusta useaan osakokonaisuuteen. Kattava monitorointi on energiatehokkuuden hallinnan perusta. Monitorointi tuottaa reaaliaikaista tietoa halutussa muodossa. Sen avulla voidaan löytää energiansäästöpotentiaaleja ja päästä järjestelmälähtöisesti tarpeeksi syvälle prosessiin. Monitorointia voidaan hyödyntää myös osaamisen ylläpidossa. Raportointi on tärkeässä roolissa energiatehokkuustavoitteiden hallinnassa ja käyttöönotossa, benchmarkkauksessa sekä tavoitteiden ja päämäärien suunnittelussa. (Mts 31.)

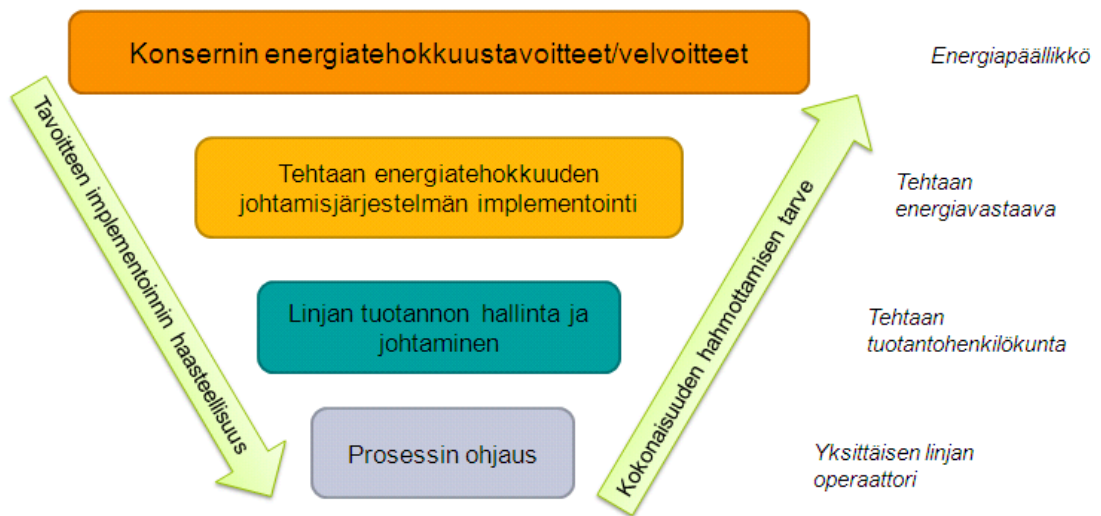
## **5.2 Käyttäjät ja käytettävyys**

Jotta energiatehokkuuden tehostaminen saadaan tuotua prosessinkäyttäjän ulottuville, on hänen käytössään oltava seurantatyökaluja. Tuomalla uutta teknologiaa kohteeseen ei päästä energiatehokkuuteen, vaan järjestelmien ja laitteiden käyttäjä on usein avainasemassa. Käytettävän seurantajärjestelmän tulee olla luotettava, kattava ja omata hyvä käytettävyys. Käytettävyys tarkoittaa tuotteen tai järjestelmän ominaisuutta, joka edistää oppimista, lisää käyttäjätyytyväisyyttä ja tehokkuutta. Myös paperikoneympäristössä käytettävyys on merkittävä tekijä uusien järjestelmien käyttöönotossa, sillä operaattorit joutuvat usein käyttämään sekalaisia järjestelmäkokonaisuuksia. Tästä

syystä jokainen uusi käyttöönotettava järjestelmä on pyrittävä integroimaan mahdollisimman hyvin olemassa oleviin järjestelmiin ja samalla huolehdittava, että uusi järjestelmä on helppo käyttää. (Mts. 32.)

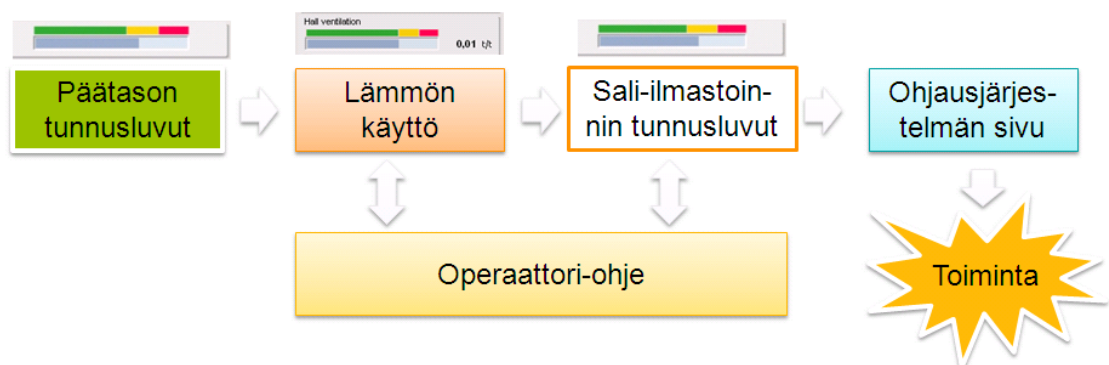
Pelkästään käytettävyys ei riitä, jos järjestelmän sisältö ei kohtaa käyttäjän tarpeita. Tärkeää onkin kartoittaa eri käyttäjäryhmien tarpeet järjestelmän sisällön ja ominaisuuksien suhteen. Paperikoneympäristössä esimerkiksi operaattorit ja tuotannon johto tarvitsevat erilaisia ominaisuuksia käyttämiltään järjestelmiltä. Tyypillisesti operaattoreille monitorointi on hyödyllisempää, kun taas tuotannon johto tarvitsee erilaisia raportteja. Vaikka tarpeet ovatkin erilaiset, on järjestelmän tuettava myös hyvien käytäntöjen tunnistamista, levittämistä ja toteuttamista eri käyttäjäryhmien välillä. (Mts. 32.)

Laajassa mittakaavassa energiatehokkuuden seurantajärjestelmä tarjoaa työkaluja sekä konserni- että käyttäjätasolle. Seurantatyökalut toimivat parhaimmillaan kaksisuuntaisesti eri käyttäjäryhmien välillä. Kuviossa 18 on hahmoteltu, kuinka seurantatyökalun avulla voidaan jalkauttaa ylemmän tason energiatehokkuus- tai ympäristötavoitteita operaattoritasolle ja toisaalta tuottaa linjatasolta hyödyllistä tietoa ylemmille organisaation tasoille. Paperikonelinjalla operaattori näkee käytännössä, mitkä ovat tavoitearvot ja pystyy ottamaan energiatehokkuuden osaksi päivittäistä työtään. Vastaavasti seurantajärjestelmän avulla on mahdollista tuottaa prosessikohtaista tietoa konsernin ympäristö- ja energiatehokkuusraportoinnin lähtötiedoiksi. (Turunen 2011b.)



KUVIO 18. Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän käyttäjäryhmät ja tavoitteet (Turunen 2010a)

Kehitettäessä energiatehokkuuden seurannantökalua, täytyy ymmärtää, kuinka käyttäjä toimii eri tilanteissa ja kuinka hän pääsee vaikuttamaan seurantajärjestelmällä valvomaansa kokonaisuuteen. Paperikoneoperaattorin toimintaa voidaan kuvata kuvion 19 mukaisesti. Aluksi operaattori tarkastelee päätason tunnuslukuja, joissa hän huomaa poikkeaman. Tämän jälkeen hän siirtyy tarkastelemaan alemman hierarkiataason tunnuslukuja ja hakee tarvittaessa tietoa erillisestä operaattori-ohjeesta. Poikkeaman syyn selvittyä käyttäjä pääsee varsinaisella ohjausjärjestelmän sivulla ohjaamaan prosessia kohti energiatehokkaampaa ajopistettä. (Turunen 2011a, 32.)



KUVIO 19. Esimerkki operaattorin toimintamallista energiatehokkuuden tehostamisessa (mukaillen Turunen 2011a, 32)



## 5.3 Energiatehokkuuden mittaaminen

### Tunnusluvut ja niiden valinta

Energiatehokkuuden mittareiden tarkoituksena on auttaa tuotantolaitoksen energiankulutuksen seurannassa ja analysoinnissa sekä eri yksiköiden, toimintojen ja laitosten välisen energiankulutuksen vertailussa. Ennen mittareiden käyttöönottoa on määriteltävä ainakin seuraavat asiat

- tarkasteltava systeemi (mikä on valittu taseraja)
- seurattavat energialajit (muun muassa polttoaineet, sähkö, höyry, kaukolämpö, jätelämpö)
- eri polttoaineiden ja polttoainelähteiden vertailu, mukaan lukien prosessin sivutuotteet
- polttoaineille käytettävät lämpöarvot
- oman energiantuotannon erottelu ostoenergiasta (esimerkiksi sähkö)
- energianmyynti laitoksen ulkopuolelle (sähkö tai kaukolämpö)
- eriarvoisten lämpöjen toisistaan erottelu (eri painetason höyryt, kaukolämpö, jätelämpö). (Heikkilä ym. 2008, 27.)

Energiatehokkuuteen liittyvä mittausinstrumentointi on nykyisin monessa tapauksessa puutteellista. Turusen (2011b) mukaan Reesen (2006) määritelmän perusteella esimerkiksi seuraavia linjataso perustunnuslukuja ei kaikissa tapauksissa saada määritettyä

- sähkön ominaiskulutus (kWh/t)
- kokonaisenergiankulutus (kWh/t)
- energiakustannus (€/t)
- veden ominaiskulutus ( $\text{m}^3/\text{t}$ )
- höyryn ominaiskulutus ( $t_{\text{höyry}}/t_{\text{paperi}}$ )
- paineilman kulutus (ksf/t)
- lauhteen palautusprosentti (%).

Tunnuslukujen laskennan lisäksi ne täytyy pystyä esittämään havainnollisesti ja kokonaisvaltaisesti. Turusen (2011a, 32) mukaan Ahtila ja muut (2010) ovat määritelleet,

että mikäli tunnusluvut halutaan esittää koneenohjausjärjestelmässä, niille on hyvä luoda erillinen hierarkinen rakenne koneen ohjausjärjestelmään.

### **Taserajaus**

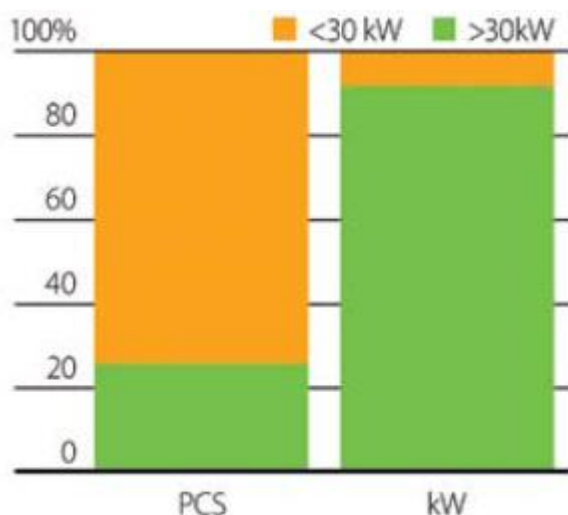
Energiatehokkuuden seuranta suunnitelmassa, on tärkeää määritellä seuranta-aika eli seurataanko kulutusta esimerkiksi tunti-, vuorokausi-, viikko-, kuukausi- vai vuositasolla. Tuotantoyksikössä energiatehokkuutta tulee seurata ominaisenergiankulutuksen avulla ja mahdollisuuksien mukaan verrata saatuja tuloksia historiatietoon sekä vastaavien tuotantokoneiden ominaisenergiankulutuksiin. Mittaritiedon avulla pitäisi pystyä seuraamaan prosessitasolla yksittäisten laitteiden ja prosessien energiataseita ja kulutuksia, joita voidaan verrata sopivaan vertailutasoon. Taserajojen tulee olla yksiselitteiset, kun vertaillaan tuotantokoneiden ominaisenergiankulutuksia keskenään, jottei saatavasta vertailutiedosta tehdä vääriä johtopäätöksiä tai toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi. Laskentatavoissa tulee vertailukelpoisuuden takia käyttää taserajojen lisäksi aina samaa tarkastelumallia lopputuotteen määrälle. Esimerkiksi paperiteollisuudessa on bruttotuotannon ja nettotuotannon välillä usein poikkeavuuksia paperin laatuviikkojen vuoksi, eivätkä erityyppiset paperilaadut ole myöskään energiankulutuksen osalta vertailukelpoisia keskenään. Eri paperikoneille taserajojen ja mittauspisteiden yksiselitteinen määrittäminen onkin vaikeaa. Tuotantolaitokset poikkeavat usein kytkennöiltään toisistaan saman teollisuudenalan sisällä, joten siksi niiden vertaaminen on vaikeaa. Tästä johtuen taserajan valinnan merkitystä on aiheellista korostaa tehtäessä vertailuja eri tuotantoyksiköiden välillä. (Heikkilä ym. 2008, 26–27.)

### **Sähkökäyttö**

Sähkökäytön kulutustietoa olisi saatava hyödynnettäväksi sähkönjakelu- ja prosessitasolta. Paperinvalmistuslinjan kokonaissähkönkulutus tulisi mitata jokaiselta jakelumuuntajalta ja tämä data olisi oltava siirrettävissä energiatehokkuuden seurantajärjestelmään. (Turunen 2011a, 32.)

Suurimmilta sähkökäyttöiltä on yleensä saatavissa virtatieto, joka ilmoitetaan tyypillisesti prosenttiosuutena mitoitus tiedosta. Mutta puutteitakin tiedon saannissa on. Esi-

merkiksi paperinvalmistuslinjan sadoista erillismoottoreista on saatavilla varsin vähän energiankulutustietoja. Jotta tämä alue saataisiin kokonaisvaltaisen seurannan alle, olisi jokaiseen yli 30 kW:n moottoriin asennettava tehomittaus. (Mts 32.) Kuten kuvio 20 nähdään, on yli 30 kW:n moottoreita määrällisesti vähän, mutta ne kuluttavat suurimman osan moottoreiden kuluttamasta energiasta. Joten varsin kattava energian seuranta on mahdollista toteuttaa suhteellisen pienin kustannuksin.



KUVIO 20. Paperikoneen moottoreiden jakautuminen määrän ja tehon suhteen (Turunen 2011a, 31)

### Lämmönkäyttö

Paperinvalmistuslinjan lämmön kulutuksen osalta täytyisi pystyä määrittämään lämpötase sisältäen merkittävimmät kulutuskohteet. Tämä tarkoittaa ainakin seuraavien prosessimittauksien sisällyttämistä lämpötaseeseen

- höyryn- ja kaasun virtausmittaus
- kokonaiskondenssiveden ja kuivatusosan kondenssiveden virtausmittaus
- höyry- ja kondenssilinjojen paineet ja lämpötilat
- tuorevesivirtaama koneelle ja sen lämpötila
- jätevesivirtaama ja lämpötila
- lämmön talteenoton poistoilmavirtaamat, kosteus ja lämpötila
- turbopuhaltimien poistovirtaama ja lämpötila. (Mts. 32.)

### **Muut tekijät**

Myös vedenkulutuksella on merkittävä vaikutus energiatehokkuuteen. Tästä johtuen vesitaseeseen olisi kiinnitettävä huomiota energiataseen rinnalla. Muita energiatehokkuuden seurannan kattavuutta lisääviä mittauksia ovat

- paineilman virtaama sekä tehdas-, että instrumentti-ilma linjastoon
- paineilman paine sekä paine-ero linjaston ääripäissä
- viira- ja puristinosan vedenpoistomittaukset jokaiselle vedenpoistokohteelle
- ulkoilman lämpötilamittaus
- konosalin lämpötila sekä kosteus useasta eri kohteesta. (Mts. 32.)

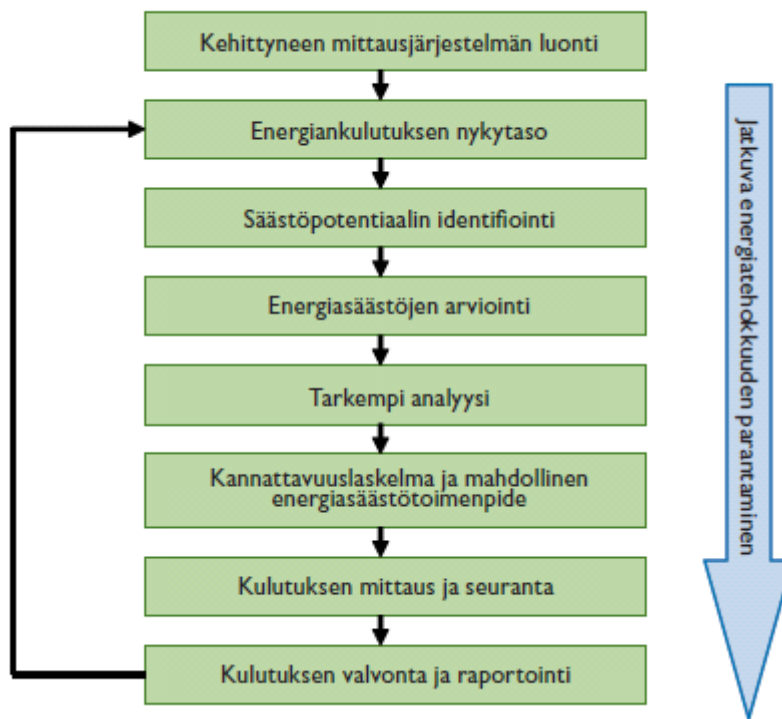
### **Mittausinstrumentit**

Tuotantoyksikössä energiatehokkuuden mittaroinnin tavoitteena on järjestelmä, joka valvoo ja tuottaa automaattisesti vertailutietoa prosessien energiankäytöstä ja tehokkuudesta. Automaattisen valvonnan ja hälytysten avulla voidaan energian käyttöön liittyviin vikatilanteisiin puuttua heti tai seuraavan seisokin aikana. Energiatehokkuuden parantamisessa prosessitason mittaroinnin täytyy olla kunnossa, jotta prosessista voidaan tehdä luotettava energiatehokkuusanalyysi. Usein taloudelliset kriteerit rajoittavat sekä prosessimittaroinnin laajuutta että tarkkuutta. (Heikkilä ym. 2008, 27.)

Jotta prosessimittaus on tarpeeksi kattava ja luotettava, on huolehdittava, että mittausinstrumentteja on riittävästi, ne sijaitsevat oikeissa paikoissa, ovat luotettavia ja toimintavarmoja ja että ne ovat liitetty osaksi tuotannonohjausjärjestelmään. Toisaalta mittausinstrumentteja ei tarvita joka kohteeseen, sillä osa kulutustiedoista pystytään laskemaan. Energiatehokkuuden mittareiden liittäminen osaksi tuotannonohjausjärjestelmää on hyvin tärkeää, jotta syyt poikkeaviin ominaisenergiankulutuksiin voidaan liittää helpommin tuotannossa tapahtuneisiin muutoksiin (esimerkiksi häiriöt ja käytökatkokset). (Energiankäytön ja energiatehokkuuden seuranta 2010.)

Tehdasalueen energiatehokkuuden mittaroinnilla on mahdollista tarkkailla myös erilaisten energiatehokkuusohjelmien ja laiteinvestointien todellisia vaikutuksia. Aktiivisen seurannan tulisi olla osa jatkuvaa energiatehokkuuden tehostamista. Kuviossa 21 esitetään toimenpiteitä tehdasympäristön energiatehokkuuden jatkuvaan parantami-

seen. Ilman konkreettista vertailupohjaa, mittaustietoa ja tavoitetta on tehdasympäristössä energiatehokkuusasioihin haastava puuttua. (Heikkilä ym. 2008, 27.)



KUVIO 21. Energiatehokkuuden jatkuva parantaminen tehdasympäristössä (Heikkilä ym. 2008, 27)

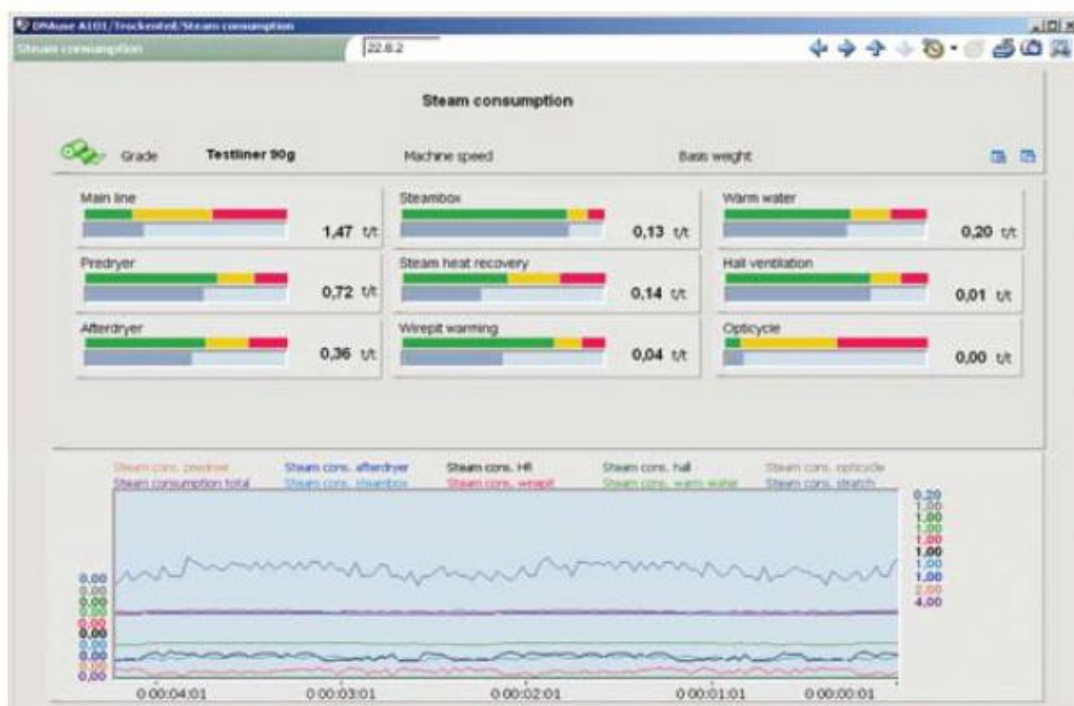
## 5.4 Monitorointi

Modernilla paperikoneella on yleensä olemassa melko kattava monitorointijärjestelmä, jonka avulla prosessia ohjataan. Monitorointi on operaattorin työkalu myös energianseurannan osalta. Tyypillisesti energiatehokkuuden tunnusluvut on upotettu osaksi operointinäyttöjä, eikä energiatehokkuuden monitorointia ole otettu omaksi osalueekseen. Tästä johtuen energiatehokkuuden kokonaisuuden hahmottaminen vaikeutuu, mikä heikentää energiankäytön tehostamista. Kokonaiskuvan hahmottamisen lisäksi paperikoneoperaattorin energiatehokkuustyökalun tärkeitä vaatimuksia ovat muun muassa seuraavat tekijät

- tuotantolajikohtaista tietoa oltava saatavilla, ilman että operaattorin täytyy tehdä sen eteen työtä (esimerkiksi lajikohtaisesti vaihtuvat liikennevalot)
- kulutustiedon oltava havainnoitavissa yhdellä silmäyksellä, jolloin energiatehokkuuden tilasta saa helposti kokonaiskuvan

- seurantajärjestelmän linkityttävä kiinteäksi osaksi muuta prosessia, sillä pelkäästään energiatehokkuuden näkökulmasta prosessia ei voi ohjata
- hitaampiakin energiatehokkuuden muutoksia pitää pystyä havainnoimaan
- lajikohtaista historiatietoa oltava saatavilla eri muodoissa. (Turunen 2011a, 34.)

Monitorointinäytöillä liikennevalot ja absoluuttiset lukuarvot kertovat sen hetkisen tilanteen, kun taas trendin avulla voidaan tarkastella pitkällä aikavälillä tapahtuneita muutoksia. Mikäli näytöillä esitetään liikennevaloja tunnusluville, täytyy liikennevalojen muuttua lajikohtaisesti, sillä eri paperilajeja ei pitäisi verrata suoraan keskenään. Kuviossa 22 on esitetty energiatehokkuuden monitorointinäyttö, jonka yhdelle sivulle on sijoitettu eri osa-alueiden liikennevaloja sekä trendejä. (Mts. 34.)



KUVIO 22. Esimerkki energiatehokkuuden seurantajärjestelmän monitorointinäytöstä (Turunen 2011a, 34)

## 5.5 Raportointi

Raportointi tarjoaa työkaluja tuotannonjohdon sekä energia- ja ympäristövastaavien tarpeisiin. Jotta raportointi vastaa mahdollisimman hyvin tarpeisiin, on selvitettävä,

missä muodossa energiatietoa käytetään ja kuinka sitä tulee esittää. Yleensä raportoinnin halutaan tuottavan aika- ja tuotantolajiperusteista tietoa. (Mts 34.)

Aikaperusteiset raportointitarpeet vaihtelevat riippuen tehtaan muista toimintakäytännöistä. Mikäli tehtaalla on esimerkiksi aamupalaveri, jossa energiankäyttöä olisi hyödyllistä esittää, on tämä otettava huomioon raportointia suunniteltaessa. Tyypillisiä aikaperusteisia raportointijaksoja ovat

- kuluva vuosi ja viimeiset täydet vuodet
- kuluva kuukausi ja viimeiset täydet kuukaudet
- kuluva vuorokausi ja viimeiset täydet vuorokaudet
- ajovuoro. (Mts. 35.)

Lajikohtaisessa raportoinnissa vertailua voidaan suorittaa esimerkiksi tietyn lajin ajon, kolmen viimeisen vastaavan lajin ajon tai kaikkien aikojen parhaan ajon välillä. Vertaaminen vastaavan lajin kolmeen viimeiseen ajoon minimoi yleensä vuodenajan vaikutuksen, sillä tarkastelujaksojen voidaan olettaa olevan tuotettu varsin lähellä tarkasteluhetkeä. Raportoinnissa on hyvä olla optio, jossa verrataan viimeistä ajoa esimerkiksi kaikkien aikojen parhaaseen ajoon. Näin pystytään poistamaan mahdollisuus, jossa kolmesta viimeisestäkin heikommasta ajosta tulee hyviä koneella pitkään olleiden ongelmien vuoksi. (Mts. 34–35.)

Aikaperusteisessa ja tuotantolajikohtaisessa raportoinnissa voi olla hyödyllistä tarkastella kulutusta, jossa erilaisten tuotantohäiriöiden osuus energiankulutuksesta on suodatettu pois. Suodatettu kulutus antaa tietoa kyseisestä koneesta, kun taas suodattamaton kulutus mahdollistaa kulutuslukujen vertaamisen toisiin saman lajin koneisiin. (Mts. 35.)

Raportointi voidaan jakaa myös sisäiseen ja ulkoiseen raportointiin. Sisäisellä raportoinnilla jaetaan tietoa erityisesti energiankulutuksen, kustannusten sekä niiden merkitysten osalta. Tärkeää on, että tieto saavuttaa yrityksessä henkilöt, jotka ovat vastuussa hankinnoista ja osaltaan energiankäytöstä. He taas pystyvät omassa työssään vaikut-

tamaan energian tarpeeseen, käyttöön ja käytön tehokkuuteen. Ulkoinen raportointi voi liittyä esimerkiksi energiatehokkuussopimusjärjestelmään, jossa yritys raportoi energiankäytöstään ja tehostamistoimistaan sopimusjärjestelmän ohjeiden mukaisesti. Sopimusjärjestelmään kuuluvan yrityksen tietoja voidaan käyttää toimialakohtaisissa ja sopimusjärjestelmää koskevissa toiminnan tuloksia käsittelevissä yhteenvedoissa. (Energiankäytön ja energiatehokkuuden seuranta 2010.)

Raportointi vaatii aina tuekseen tietokannan, josta data haetaan erillisen raportointijärjestelmän käyttöön. Tämä voi tuoda lisäkustannuksia energianseurannan kehittämiseen, mutta toisaalta antaa tietoa, jota pelkällä on-line monitoroinnilla ei saavuteta. (Turunen 2011a, 35.)

## **5.6 Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän tulevaisuus**

Energiatehokkuuden seurantaan paperikoneella on paljon mahdollisuuksia, joita tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa yhä enemmän. Laitepuolella prosessin instrumentointilaitteet ja eri kokonaisuuksien välinen tiedonsiirto kehittyy kohti kokonaishallitettavaa prosessia. Tämä hämärtää perinteisten ohjausjärjestelmien rajoja, poistaen ne ehkä kokonaan, mikä mahdollistaa uudenlaisten prosessin optimointijärjestelmien kehittämisen. Energiatehokkuutta tullaan seuraamaan yhä enemmän myös etäyhteyksien avulla prosessimuuttujien tavoin. (Mts. 35.)

Ympäristöasioiden mukaantulo osaksi kokonaisuutta tuo oman osansa tulevaisuudessa. Esimerkiksi kuluttajien asettama paine voi ajaa paperinvalmistajia esittämään eko-profiileja tuotteilleen, jolloin energiatehokkuuden seurannan tueksi on otettava myös muita resursseja. (Mts. 35.)

Yksi mahdollinen ominaisuus energiatehokkuuden seurantajärjestelmässä on tulevaisuudessa, että sen avulla voidaan seurata työvuoron tai jopa yksittäisen työntekijän panosta energiatehokkuuteen. Tätä kautta energiatehokkuus voitaisiin huomioida henkilöstön kannustinjärjestelmässä. Toistaiseksi tätä on hyödynnetty varsin vähän, joutu-  
tuen yleisestä varautuneesta asenneilmapiiristä asian suhteen. Jotta energiatehokkuus

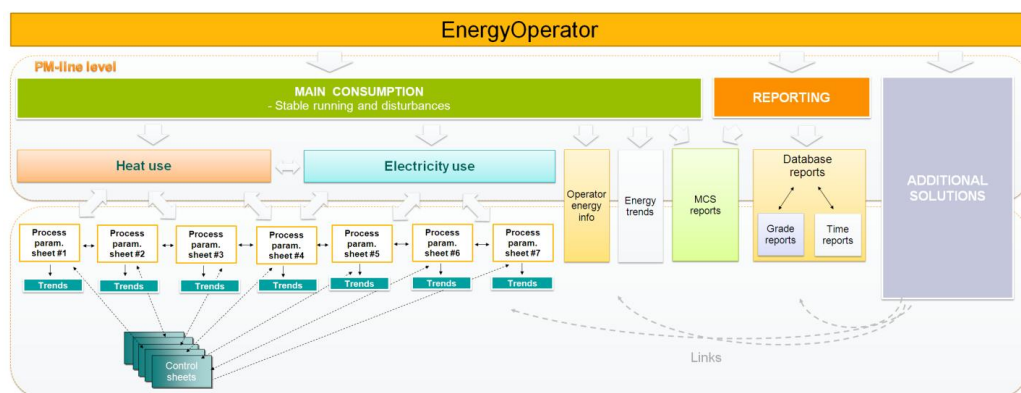


voisi olla osana kannustinjärjestelmää, täytyy sille määritellä selkeät, yksinkertaiset ja läpinäkyvät mittarit, joiden avulla kannustin määritellään. (Turunen 2011b.)

## 6 ENERGYOPERATOR–SEURANTAJÄRJESTELMÄ

### 6.1 Ominaisuudet

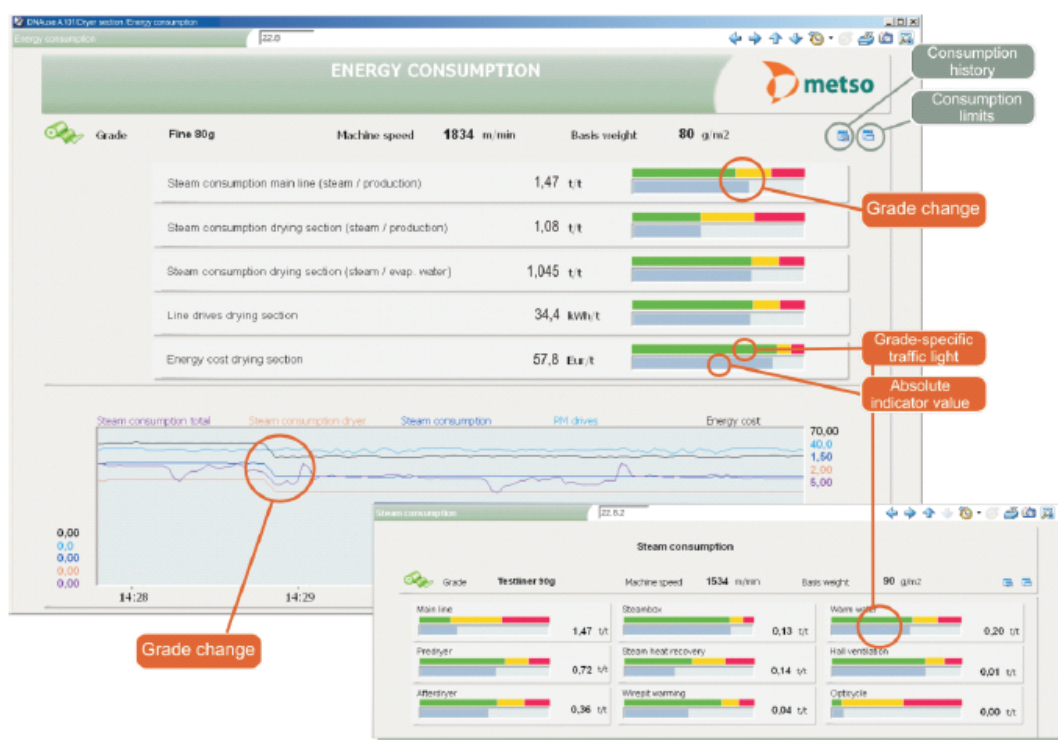
Yrityksen energiatehokkuustavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan työkaluja eri tehtävissä toimiville työntekijöille. Metson kehittämä EnergyOperator -energiatehokkuuden seurantajärjestelmä sisältää ominaisuuksia niin paperikoneoperaattorin, tuotannonjohdon kuin tehtaan ympäristö- ja energiavastaavankin tarpeisiin, kuten kuvioista 23 nähdään. Seurantajärjestelmän toimintaperiaate on, että se hyödyntää paperikonelinjan mittaustiedon, jalostaa sen energiatehokkuustunnuslukujen muotoon ja esittää ne visuaalisessa muodossa. EnergyOperatoria voidaan hyödyntää monella tavalla. Esimerkiksi työnjohto asettaessaan energiansäästötavoitteita voi tuottaa sillä pitkän aikavälin energiankäyttöraportteja eri osa-alueilta. Operaattorinäytöt liikennevaloineen ja energiatehokkuuteen liittyvine infosivuneen voivat puolestaan toimia koulutus- ja opastustyökaluina operaattoreille. EnergyOperator tallentaa energiankäyttötietoa eri käyttäjien tarpeisiin, minkä ansiosta sitä voidaan hyödyntää tiedonkeruuseen, tallentamiseen ja jakeluun. Seurantajärjestelmän tarjoamien lukuisien ominaisuuksien vuoksi on tärkeää, että ennen järjestelmän käyttöönottoa määritellään eri käyttäjien tarpeet. Näin siitä saadaan mahdollisimman suuri hyöty myös osana energiatehokkuuden johtamisjärjestelmää. (Turunen 2011b.)



KUVIO 23. EnergyOperatorin sisältö (Turunen 2010a)

## 6.2 Monitorointi ja raportointi

Energiatohokkuuden monitorointinäytöt ovat suunnattu paperikoneen operaattorin työkaluiksi. Niiden avulla operaattori pystyy seuraamaan reaaliaikaisesti linjan energiatohokkuuden kehitystä ja vaikuttamaan siihen tarvittaessa. Kuviossa 24 on esimerkki EnergyOperatorin päätason monitorointinäytöstä. EnergyOperatorissa monitorointinäytöllä on absoluuttikulutusarvojen lisäksi liikennevalot ilmaisemassa eri osalueiden energiankäyttöä. (Turunen 2010b.) Näytöllä olevasta trendistä voidaan tarkkailla kulutuksen kehittymistä pitkällä aikavälillä, ja kulutuksen historiatiedoista nähdään kulutuslukemat esimerkiksi kolmelta viime ajolta. Operaattorin työssä apuna ovat linjalle räätälöidyt erillisen operaattorikoulutuksen materiaalit sekä energiatohokkuuden infisivut tunnuslukujen seuraamiseen. Infosivujen avulla voidaan selvittää tunnusluvun tarkoitus ja tarkistettavat kohteet tai toimenpiteet, mikäli tunnusluvussa esiintyy poikkeuksia verrattuna vastaavaan aiempaan ajotilanteeseen. (Turunen 2010a.)



KUVIO 24. Esimerkki EnergyOperatorin päätason monitorointinäytöstä (Turunen 2010b, 35)

Tuotannon johdolle EnergyOperator -seurantajärjestelmä tarjoaa raporttipohjia, joiden avulla pystytään seuraamaan esimerkiksi viikkopalavereissa linjan energiatehokkuuden kehitystä. EnergyOperator antaa mahdollisuuden seurata kulutuslukemia esimerkiksi suodatettuna katkoilla. Järjestelmästä saadaan myös tietoja keskimääräisistä kulutuslukemista tietyltä jaksolta. Raporttipohjat sisältävä lisäksi lajikohtaisia raportteja, joiden avulla on mahdollista löytää uusia energiatehokkaampia ajotapoja linjalle. (Turunen 2010a.)

## **7 HAASTATTELUTUTKIMUS**

### **7.1 Toteutustapa**

Opinnäytetyössä pyrittiin saamaan selville Suomen paperiteollisuuden energiatehokkuuden seurantatarpeita. Käsityksen selville saamiseksi toteutettiin haastattelututkimus, jossa käytettiin puolistrukturoitua teemahaastattelua. Teemahaastattelu on muodoltaan lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun välimuoto, jossa on ennalta määritellyt teemat, joiden mukaan haastattelu etenee. Analyysissä käytettiin teemanalyysiä, jossa haastatteluaineistosta on löydetty viisi teemaa, joiden alle tulokset on sijoitettu. Tuloksia on tarkoitus käyttää EnergyOperator-seurantajärjestelmän kehittämiseen.

### **7.2 Käytännön toteutus**

#### **Haastattelukysymykset**

Tutkimuksessa käytetyt haastattelukysymykset on esitetty liitteessä 1. Kysymykset ja lomakkeet laadittiin yhteistyössä Metso Paperin energiatehokkuusasiantuntijajoukon kanssa. Haastattelu haluttiin toteuttaa puolistrukturoituna teemahaastatteluna, joten haastattelukysymykset laadittiin viiden mielekkääksi koetun teeman ympärille. Kysymykset pyrittiin laatimaan siten, että ne johdattelisivat haastateltavan vastauksia mahdollisimman vähän ja antaisivat tilaa haastateltavan omille ajatuksille ja tulkinnoille.

#### **Haastattelujen toteutus**

Tutkimuksen aluksi kartoitettiin sopivia haastateltavia yhdessä Metso Paperin asiantuntijoiden kanssa. Haastateltaviksi etsittiin henkilöitä, joilla olisi oman toimenkuvan-

sa kautta kokemusta ja tietämystä yhtiöiden energiatehokkuusasioista. Tavoitteena oli saada haastateltavia mahdollisimman erilaisista paperiteollisuuden yrityksistä sekä eri työtehtävissä tuotannonjohdossa ja konserninjohdossa toimivilta ihmisiltä.

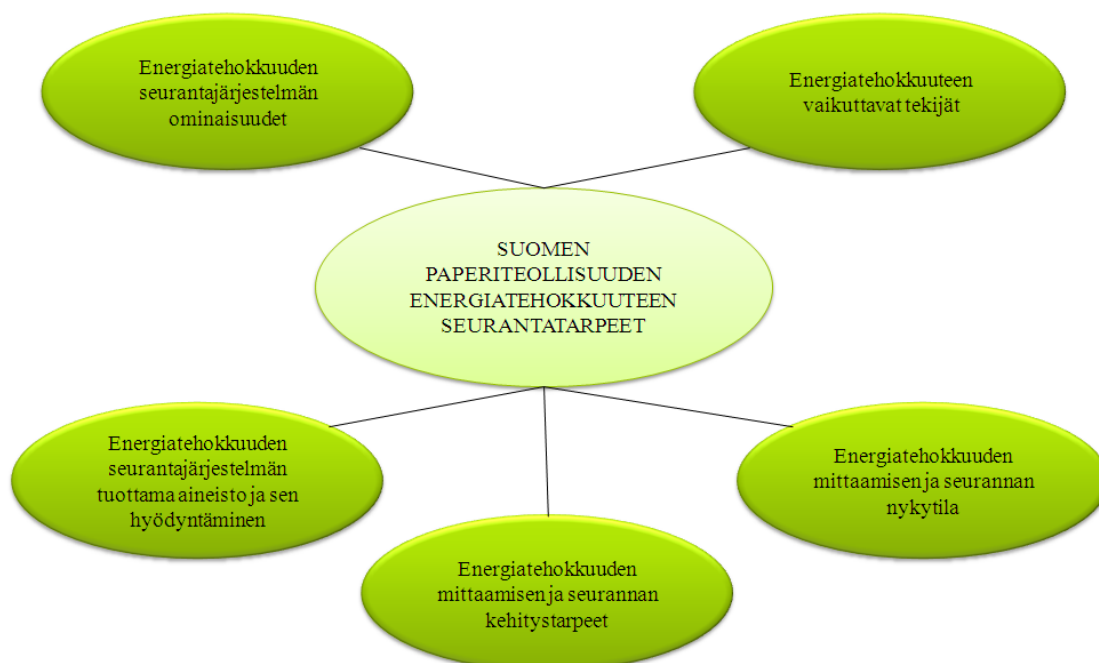
Tutkimus on yhtiöiden, toimipaikkojen ja haastateltavien määrän suhteen suppea case-tutkimus. Haastateltavaksi valikoitui seitsemän haastateltavaa neljästä yhtiöstä. Heidän tehtävänimikkeensä ovat voimalaitoksen päällikkö, tuotantopäällikkö, asiantuntija, käynnissäpitopäällikkö, kehityspäällikkö, energiajohtaja ja energia- ja kehityspäällikkö.

Kun haastateltavat oli valittu, tiedusteli Metso Paperin vanhempi kehitysinsinööri Teemu Turunen aluksi heidän suostumustaan haastatteluun. Tämän jälkeen heille lähetettiin saatekirje sähköpostitse (liite 2), minkä jälkeen sovimme haastateltavien kanssa haastatteluajat. Viikkoa ennen haastattelua haastateltaville toimitettiin haastattelukysymykset sähköpostitse.

Haastattelut toteutettiin 9.3.–1.4.2011, viisi toteutettiin kohdeyrityksissä, yksi Metso Paperin Rautpohjan yksikössä ja yksi haastattelu toteutettiin puhelinhaastatteluna. Haastattelut kestivät 1–2 tuntia. Kuudessa haastattelussa mukana oli asiantuntijana Metso Paper Oy:ssä työskentelevä vanhempi kehitysinsinööri Teemu Turunen ja yhdessä haastattelussa tehdassuunnittelun päällikkö Antti Ketolainen. Haastattelut tallennettiin sanalukoneella lukuun ottamatta yhtä haastattelua, jossa haastateltava ei halunnut tallennusta. Litteroitua aineistoa haastatteluista kertyi 128 sivua.

## **Analyysi**

Haastattelutulokset analysoitiin teema-analyysin avulla, missä haastatteluaineisto on jaoteltu viiden teeman alle. Analyysin tulokset ovat syntyneet havaintojen ja analyysin vuoropuheluna. Litteroinnin jälkeen haastattelujen kirjallinen sisältö käytiin systemaattisesti läpi ja sitaattit haastatteluista siirrettiin tutkimuksen avointen kysymysten alle. Tämän jälkeen haastattelukysymykset vastauksineen luokiteltiin viiteen eri teemaan (kuvio 25). Lopuksi aineistosta pyrittiin löytämään eri teemojen alta opinnäytetyön tavoitteiden kannalta olennaisimmat asiat.



KUVIO 25. Teema-analyysin teemat

## 7.3 Tutkimuksen tulokset

### 7.3.1 Energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät

Energiatehokkuuden määritelmä sai lähes kaikilta vastaajilta yhtenäisen vastauksen. Energiatehokkuus käsitetään pääsääntöisesti joko mahdollisimman hyvänä hyötysuhteena tai mahdollisimman pienellä energian ominaiskulutuksella tuotettuna tuotteena. Paperiteollisuudessa hyötysuhdetta tai ominaiskulutusta verrataan yleensä tuotettuun paperitonniin.

*Tarkottaa mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella tehtyä tuotantoa. Eli energia, mitä käytetään, käytetään mahdollisimman tehokkaasti. Niin höyrypuolella, kuivatuksessa kuin sähköpuolella, infroissa, käytöissä, pumpuissa. (Vastaaja 3)*

*Sama määrä tonneja vähemmällä energiankulutuksella. (Vastaaja 4)*

Yksi poikkeava määritelmä energiatehokkuudelle tuli konserninedustajalta (vastaaja 7), jonka mielestä energiatehokkuus on ”toimintaa, joka parantaa tuottavuutta.” Tämän määritelmän mukaan energiatehokkuuden ensisijainen tehtävä on tuottavuuden parantaminen eli energian tehokas käyttö mielletään taloudellisesti saatavana hyötynä, mitä myös toisaalta pienempi energian ominaiskulutus on. Määritelmä, jossa taloudel-

linen hyöty on tärkeimpänä tekijänä, on ymmärrettävä konsernitasolla toimivalta työntekijältä. Konsernitasolla seurataan tarkasti eri osa-alueiden taloudellista kannattavuutta ja tuottavuutta, joten on hyvin luontevaa yhdistää taloudelliset asiat tiiviisti energiatehokkuuden kanssa.

**Energiatehokkuuden edistämisen ongelmia** nousi vastauksissa esille useita. Erityisesti konsernitason edustajat kokevat tiedonkulun pääkonttorin ja tehtaan välillä olevan ongelmallinen. Ongelmaksi koetaan, ettei tehtailta aina löydy sopivaa henkilöä keskustelemaan energiatehokkuusasioista ja siksi asioiden edistäminen on haastavaa.

*Nimenomaan ois semmonen keskustelukumppani, josta huokuu se niinku sitoutuminen ja sitten pääsis niinku, jos voi sanoo, niin samalla tasolla keskustelemaan. Osaamistahan sieltä löytyy, mutta ei oikein halukkuutta keskustella. Pääsis vähän vääntämään ja purkamaan tätä asiaa ja saisi uutta ideaa ja muuta. Sellasten löytäminen on vaikeeta. (Vastaaaja 2)*

Yhden konserninedustajan ja kahden tehdastason edustajan mukaan tehtaanjohto ja osastopäälliköt eivät ole sitoutuneet tarpeeksi energiatehokkuuden edistämiseen. Toisaalta ymmärretään tehtaanjohtoon suuri työtaakka, mutta toisaalta kaivattaisiin parempaa sitoutumista energiatehokkuusasioihin, niistä tiedottamista ja jalkauttamista tehtaan tasolle. Kahden tehtaanjohtotason vastaajan mukaan tieto ei kulje myöskään tehtaiden tai jopa samalla tehtaalla toimivien kahden eri paperikoneyksikön välillä. Energiatehokkuuden edistäminen lienee haastavaa vallitsevassa tilanteessa, jossa asioista ei puhuta eikä tiedoteta tarpeeksi niin yksikön kuin yrityksen sisälläkään.

Työntekijöiden motivaation lisääminen energiatehokkuusasioihin on kolmen tehtaan edustajan mukaan haaste. Voi olla ongelmallista perustella työntekijälle, miksi hänen pitäisi muuttaa toimintatapojaan tiettyyn suuntaan saamatta itse hyötyä muutoksesta.

*Esimerkiks meillä on hyvin pitkälle edelleen sitä kulttuuria, kun veetään räppänät auki tonne katolle kuivatusosalta, niin oon helppo ajella ja mukava ajella, eikä oo paperissa vikoja, eikä kondensoitumista, mutta ei sitä välttämättä niin ajatella sitä, mitä se maksaa... Ja kyl monet sen tajuaa, et mieluummin esimerkiksi energiasta säästetään kuin ruvetaan siten potkimaan ihmisiä pihalle. (Vastaaaja 4)*

Kenties merkittävin energiatehokkuuden lisäämisen este on aika- ja raharesurssien puute. Tämän näkökulman toivat esille lähes kaikki vastaajat. Nykyinen paperimarkkinoiden tiukka kilpailutilanne on johtanut siihen, että tehtaot pyörivät mahdollisimman pienellä henkilöstöllä ja jokaista investointia mietitään tarkasti. Energiatehokkuus ei nouse monessakaan yrityksessä kovin merkittäväksi asiaksi, vaan sitä saatetaan edistää lähes huomaamatta esimerkiksi uuden tehokkaamman ja samalla energiatehokkaamman investoinnin myötä.

Mittausinstrumenttien vähyys ja vanhat käytössä olevat automaatiojärjestelmät, joiden avulla energiankulutusta seurataan, ovat pullonkaula monella tehtaalla. Vastaajat kokevat, että mittareita on liian vähän ja yksittäisen prosessin kulutusmittauksia on toteutettu vain vähän. Myös tehtailla olevat useat erilaiset automaatiojärjestelmät aiheuttavat ongelmia. Vanhoihin automaatiojärjestelmiin ei voida liittää haluttuja ominaisuuksia, esimerkiksi siirtää tarvittavia mittauspisteitä. Yksi vastaajista kuvaakin tehtaalla vallitsevaa tilannetta ”automaatiojärjestelmien Afrikaksi.” Tämä kenties kertoo jotain usealla tehtaalla vallitsevasta tilanteesta.

**Energiatehokkuutta** voi edistää monella tavalla. Useassa vastauksessa nousi esille asenneilmapiirin muuttaminen. Tyypillisesti paperitehtaissa ei koeta energiatehokkuutta erityisen tärkeäksi asiaksi. Jotta yleistä asennetta asian suhteen saisi muutettua, tulisi tietoisuutta lisätä esimerkiksi erilaisten energiatehokkuuskoulutusten kautta ja muuttaa yleistä toimintakulttuuria. Ihannetapauksessa energiatehokkuus koetaan tehtaalla yhtä tärkeäksi kuin esimerkiksi turvallisuus eli se olisi mukana kaikessa tekemisessä.

Laite- ja järjestelmätoimittajien rooli energiatehokkuuden edistämisessä nousi esille myös muutamassa vastauksessa. Yleisesti toivottiin, että toimittajat toisivat energiatehokkuusasioita selkeämmin esille markkinoidessaan uusia tuotteita. Myös toiveita energiatehokkaampien ratkaisuiden kehittämiseksi esitettiin.

**Tulevaisuudessa energiatehokkuuden rooli** tulee usean vastaajan mukaan korostumaan entisestään. Energiatehokkuuden tärkeyden korostumisen yhdeksi merkittäväksi

syyksi nostettiin kiristynvä hintakilpailu, joka tekee energiasta strategisesti vieläkin tärkeämmän asian. Myös energiatehokkuuden määrätietoinen edistäminen nähtiin tärkeäksi asiaksi tulevaisuudessa. Vaikka suurimmat säästöt olisi saatu energian osalta tehtyä, niin pitää jatkaa vain kehitystyötä ja tehdä myös niitä pieniä toimenpiteitä, jotka parantavat energiatehokkuutta.

Yksi konserninedustaja koki sukupolvenmuutoksen mahdollisuutena energiatehokkuuden edistämiseen. Hänen mukaansa samassa yhteydessä voisi vaikka liiketoiminta-alueittain ottaa uusia työ- ja aikaresursseja käyttöön. Toinen ajatus samalta vastaajalta oli päätoimisen työntekijän palkkaaminen energiatehokkuusasioiden pariin. Tulevaisuudessa myös työntekijäresursseja oletettavasti lisätään, kun huomataan energiatehokkuuden tarjoamat mahdollisuudet.

### 7.3.2 Energiatehokkuuden mittaamisen ja seurannan nykytila

**Energiatehokkuussopimukseen** ovat liittyneet lähes kaikki vastanneista yrityksistä. Vastaajien mukaan sopimuksen asettamat vaatimukset esimerkiksi energiatehokkuuden seurannasta ja raportoinnista ohjaavat energiatehokkuusasioita hyvin. Yhden tehdastason edustajan mukaan hänen edustamansa yritys ei ole liittynyt energiatehokkuussopimukseen. Syy pois jäämiseen on, ettei energiatehokkuutta ole koettu kyseisessä yrityksessä vielä tarpeeksi tärkeäksi. Nyt tärkeys on kuitenkin korostunut ja sopimukseen liittyminen on ajankohtaisempaa kuin aiemmin.

**Projektien** kautta edistetään energiatehokkuutta useassa haastatellussa yrityksessä. Tehdastason edustajien mukaan on tyypillistä, että yrityksessä on käynnissä samaan aikaan useampi energiansäästöön painottuva projekti. Yhdessä yrityksessä on käynnissä mittava muutaman vuoden kestoinen energiatehokkuusprojekti, jonka myötä on palkattu muutama työntekijä työskentelemään energiatehokkuuden edistämiseksi. Vastaajan mukaan projektin kautta on saatu merkittäviä säästöjä ja tavoitteena on, että projektin päätyttyä tehtaot pystyvät itsenäisesti ja aktiivisesti edistämään energiatehokkuutta.



**Seuranta-aktiivisuus** vaihtelee vastaajien edustamissa yrityksissä paljon. Erään yrityksen eräällä tehtaalla energia-asioiden seuranta on nostettu käyttömääräykseksi, jonka mukaan energiaan liittyvät kulutuslukemat on käytävä paperikonelinjan aamupalaverissa läpi, mikäli niistä löytyy jotain poikkeavaa. Vastaajan mukaan eri asia kuitenkin on, miten aktiivisesti tätä käyttömääräystä toteutetaan. Toiseksi aktiivisimmassa yrityksessä energiankulutuslukemia seuraa päivittäin käyttöinsinööri tai -päällikkö. Loput vastaajista sanovat energia-asioiden seurannan olevan kuukausiseurannan ja -raportoinnin varassa.

Energia-asioista ja -tehokkuudesta **tiedotetaan** muutaman vastaajan mukaan heidän edustamissaan yrityksissä melko aktiivisesti. Yrityksissä on järjestetty henkilöstölle tietoiskuja osasto- ja vuoropalavereissa. Eräässä yrityksessä on tiedotettu energiatehokkuusasioiden etenemisestä yrityksen henkilöstölehdessä. Toisessa yrityksessä on intranetissä energia-sivut. Vastaajien mukaan tiedotus on edistänyt energiatehokkuutta yrityksissä ja muuttanut yleistä asenneilmapiiriä energiatehokkuusmyönteisempään suuntaan. Voidaankin päätellä, että tiedotuksella on merkittävä rooli energiatehokkuuden edistämisessä.

**Raportointi koetaan** tällä hetkellä puutteelliseksi yhden tehdastason edustajan ja yhden konserninedustajan mukaan. Yksi tuotannonvastaaja taas kokee, että heillä raportointi palvelee tällä hetkellä tarpeita hyvin. Konserninedustajan mukaan liiketoimintalueen yhteenvedot tai yhtiön yhteenvedot täytyy tehdä manuaalisesti tehdaskohtaisten raporttien pohjalta. Yhden tehdastason edustajan mukaan myös tehtaalla koostettavat raportit tehdään osin manuaalisesti, mikä lisää raportointiin kuluvaa aikaa tarpeettomasti.

*Mut se, että se on, ei ilikiä sanoa, että lapsen kengissä, mutta alasteella se on menossa tuo raportointi ja toivon mukaan se paranee tässä lähivuosina. (Vastaaja 6)*

**Mittaukset** ovat monen vastaajan mukaan tällä hetkellä energiankulutuksen tarkemman seurannan kannalta puutteelliset. Yhden vastaajan mukaan tehtaalla oleva mittarointi vastaa tällä hetkellä hyvin olemassa oleviin tarpeisiin. Ongelmaksi hän koki kuitenkin mitatun tiedon hyödyntämisen, sillä saatujen tulosten tulisi johtaa myös

toimenpiteisiin. Usealla tehtaalla mitataan kulutuslukemia useimmiten muuntajatasolta. Käytössä olevaa mittausjärjestelmää ei ole suunniteltu niin, että sillä seurattaisiin esimerkiksi yksittäisen prosessin kulutustietoja. Kaksi vastaajaa nosti esille sähkökeskusten antamien tehotietojen ongelman. Ongelmana on, ettei paperikoneen lähtöjä ole keskitetty yhteen keskukseen, mistä pystyttäisiin mittaamaan suoraan esimerkiksi paperikoneen sähkön käyttöä.

*Esimerkiksi paperikonelinjalla menee yks iso höyryputki sinne linjaan, niin siinä on se mittauspiste, jossain siinä kohassa, missä se putki tulee sinne saliin. (Vastaaja 6)*

*Meillä on liian isot ja liian rouvit mittarit tuonne sellasen pienen muutoksen mittaamiseen tai näyttämiseen ja se on niitä, jotka tämmöseen tehostamiseen liittyy. (Vastaaja 6)*

Toinen vastaajien esiin tuoma ongelma on mittareiden manuaalinen lukeminen. On mahdollista, että paperitehtaalla luetaan useita kymmeniä mittareita joka kuukausi manuaalisesti ja mahdollisesti myös tulosten analysointi tapahtuu manuaalisesti. Tilanne on kuitenkin myös konsernintason edustajien tiedossa, sillä yksi konsernitason vastaaja nosti tämän asian esille.

*Joka käsin lukee ne mittarit, niin niitä luetaan muistaakseni noin neljäkymmentä mittaria käsin joka kuukausi ja siitä sitten lasketaan, mikä menee mihkään. (Vastaaja 1)*

**Järjestelmistä** automaatiojärjestelmät ovat lähes kaikkien vastaajien mukaan merkittävien paperikonelinjan energiankulutuksen seurantajärjestelmä. Konserninedustajat nostivat esille myös informaatiojärjestelmän energiakulutustiedon seurannassa. Lähes kaikilla vastaajien edustamilla tehtailla ongelmana on automaatiojärjestelmien sekalaisuus. Samalla tehtaalla saattaa olla useita eri automaatiojärjestelmiä käytössä ja niiden yhteensovittaminen on vaikeaa. Vanhojen automaatiojärjestelmien kehittäminen on osoittautunut usean vastaajan mukaan ongelmalliseksi esimerkiksi puuttuvan kapasiteetin vuoksi.

Järjestelmien **käyttäjät** ovat merkittävässä roolissa energiatehokkuuden edistämisessä. Vastaajien mukaan energianseurannan käytännöt vaihtelevat hyvin paljon eri yri-

tysten, tehtaiden ja jopa tuotantolinjojen välillä. Eräässä tehtaassa esimerkiksi vuoro-esimies ei seuraa energiatietoja millään tavalla. Tämä johtuu vastaajan mukaan sopivien työkalujen puutteesta. Kyseisessä tehtaassa energiankäytön seuranta tapahtuu kuukausittaisten kulutusraporttien pohjalta. Muissa vastauksissa nousi esille, etteivät operaattorit juurikaan seuraa energiankulutusta joko mielenkiinnon tai sopivien työkalujen puutteen vuoksi. Vastaajien mukaan esimerkiksi automaatiojärjestelmän tuottamaa energiatietoa seuraa yleensä vuoro-esimies ja tuotannonjohto. Järjestelmän tuottamat tai muuta kautta saatavat energiaraportit kiinnostavat erityisesti yrityksen johtotehtävissä olevia henkilöitä. Energiaraportteja seurataan vähintäänkin kustannusten seurantamielessä.

### 7.3.3 Energiatehokkuuden mittaamisen ja seurannan kehitystarpeet

**Kehitystarpeita** on haastatelluissa yrityksissä energiatehokkuuden seurannan osalta paljon. Kaikki vastaajat sanoivat nykyisen energianseurantajärjestelmän palvelevan huonosti yrityksen tarpeita. Lähes kaikki haastatellut yritykset ovat tällä hetkellä jollain tavalla kehittämässä energiatehokkuudenseurantaa, jotta se vastaisi paremmin tarpeisiin. Muutama vastaaja totesi järjestelmän palvelevan laskutuksen tarvetta, muttei muita tarpeita. Yksi vastaajista sanoi nykyisen järjestelmän palvelevan raportoinnin tarvetta. Käytössä oleviin järjestelmiin kaivataan muun muassa lisää energiatehokkuusseurantaa sekä kone-, laji- ja osaprosessikohtaista seurantaa. Myös ominaiskulutuksen seuranta esimerkiksi lajikohtaisesti on yhden tehdastason vastaajan mielestä tärkeä asia. Energiatehokkuusseurannasta toivotaan jokapäiväistä ja mahdollisesti yhtä aamupalaverissa käsiteltävää asiaa.

**Mittausten** toivotaan olevan reaaliaikaisia. Kahden tehdastason vastaajan mukaan reaaliaikaista kulutus- ja hintatietoa voisi käyttää tuotantoa suunniteltaessa niin, että esimerkiksi korkeamman sähkön hinnan aikana tuotantoa supistetaan, mikäli tämä muutoin olisi mahdollista. Yksi vastaajista nosti esille etäluettavat mittarit, johon kyseisessä yrityksessä tullaan panostamaan lähiaikoina.

**Järjestelmien kehitystarpeista** vastauksissa tärkeimmäksi asiaksi nousi usean käytössä olevan automaatiojärjestelmän yhtenäistäminen. Yhden konsernitason edustajan mukaan energiatehokkuuden edistämisen pääpaino on tällä hetkellä monitoroinnin

kehittämisessä. Vastaajien mukaan tavoitteena on, että tehtaassa on käytössä vain yksi automaatiojärjestelmä. Ja vielä hieman pidemmälle vietyä, automaatiojärjestelmästä olisi hyvä saada reaaliaikainen kulutustieto, raportti tai trendi helposti. Myös historia-tiedon kerääminen esimerkiksi tietopankkiin ja helppo käytettävyys ovat muutamien vastaajien mielestä järjestelmän tärkeitä ominaisuuksia.

Järjestelmän **käyttäjillä** on erilaiset tarpeet, mikä nousi esille myös vastauksissa. Järjestelmän tulisi kuitenkin vastata kaikkiin näihin tarpeisiin. Tarpeena on muun muassa raportointitarve esimerkiksi viranomaisille ja yhtiön johdolle tuloraportointia varten. Toisaalta päivittäisessä energianseurantatyössään operaattori tarvitsee reaaliaikaisia energiankulutus tietoa esimerkiksi MWh-yksikön muodossa. Näitä erilaisia tarpeita yritykset pyrkivät lähivuosina täyttämään vallitsevien resurssien puitteissa.

#### 7.3.4 Energiatehokkuusseurannan tuottama aineisto ja sen hyödyntäminen

Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän ominaisuuksia mietittäessä on vastaajien mukaan tärkeää pitää mielessä, että mietitään tapauskohtaisesti **käyttäjien tarpeet**. Käyttäjällä on oltava käytössään työnsä kannalta oleelliset tiedot. Yleisesti voidaan sanoa, että operaattorit tarvitsevat päivittäisessä työssään sopivaa on-line tietoa ja yrityksen organisaatiossa ylöspäin mentäessä johtoporras tarvitsee tietoa jalostetummasa muodossa, esimerkiksi raporteina. Vastaajien mukaan järjestelmän tuottama liian kattava aineisto voi olla myös haitaksi, sillä on vaara, että oleelliset tiedot hukkuvat aineiston paljouteen.

Usea vastaaja nosti esille **paperilajikohtaisen** seurannan tarpeen. Toisinaan paperitehtaalla esimerkiksi kahdella paperikoneella tuotetaan samoja paperilajeja. Lajikohmainen energiankulutustieto antaa työkalun suunnitella, millä koneella tietyn lajin tuottaminen on energiatehokkainta.

Kaksi tuotannonjohdon edustajaa ja yksi konserninjohdon edustaja nosti esille **tuotantolinjakohtaisen** energiankulutustiedon keräämisen. Konserninjohtajalle riittää tieto tuotelinjan kuluttamasta energiasta ja sen kehityksestä pidemmällä aikavälillä, kun taas tehtaanjohdolla on kiinnostuneempi, miten energiankulutus tuotantolinjalla jaka-

tuu. Tuotannonjohdon edustajista useat toivovat energiatehokkuusseurannan tuottavan aineistoa paperikoneen energiankulutuksen kannalta merkittävistä **osaprosesseista**.

Muutama vastaaja haluaisi järjestelmän tuottavan **laitekohtaista** energiankulutusseurantaa energiantensiivisimpien laitteiden osalta. Tärkeintä on kuitenkin määritellä, mitä laitteita on merkityksellisintä seurata. Eräs vastaaja kuvasikin osuvasti, että on turhaa seurata kohdetta, jonka energiankulutus pysyy lähes samana koko tuotantoprosessin ajan.

*Mutta joku tomonen, jolla on kiinteä arvo ja ajetaan täysillä, niin ei se oo ensimmäinen se kohde, koska se pystytään laskemaan hyvin helposti, se ei vaadi sitä isompaa mittaustulosta. (Vastaaja 6)*

Muutama tuotannonjohdon edustaja pitää järjestelmän tärkeänä ominaisuutena **benchmarkkausta**, jossa tämänhetkistä tuotannon energiankulutusta verrataan parhaaseen saavutettuun kulutukseen samalla paperilajilla. Tavoitteena olisi parantaa tulosta koko ajan ja siinä mahdollisesti auttaisi järjestelmän itseoppivuus, jota yksi vastaajista toivoo. Eli benchmarkkauksen jälkeen järjestelmä kiristäisi hiljalleen asetettuja tavoitteita.

Suurin osa vastaajista kokee energiankäytön seurannan sopivaksi ajalliseksi yksiköksi **tunnin**. Tunnin valitsemista seuranta-ajaksi puoltaa vastaajien mukaan kaksi merkittävää tekijää: tuotannon häiriöt tasaantuvat pidemmällä aikavälillä ja seurattavat energiayksiköt ovat usein MWh ja MJ. Kahden vastaajan mukaan vian haussa tarkempi seuranta-aika on tarpeellinen, mutta muussa tapauksessa tunti on sopiva aika.

Muutama vastaaja nosti esille energian ominaiskulutuksen tuotetonnin tekemiseen. Ei riitä, että seurataan pelkästään energiankulutusta, vaan kulutustieto on myös suhteutettava tuotantomäärään. Vastaajien mukaan olisi hyvä, että tuotanto saataisiin reaaliaikaisena näkyviin energiankulutuksen rinnalle.

*Mut ei muuten voi tehostaa, jos ei tiedä, mitä siellä on tehty.  
(Vastaaja 6)*

Energiatehokkuuden seurantajärjestelmä on usean tuotannonjohdon edustajan mukaan parhaimmillaan prosessia ohjaava työkalu. Eli järjestelmästä saatuja tietoja hyödynnettäisiin prosessia kehitettäessä joko suoraan sääätömielessä tai sitten ylemmällä tasolla ohjauksen näkökulmasta.

### **Operaattorinäytöt**

Usean tehtaanjohdon tason vastaajan mukaan on tärkeää, että järjestelmästä on yhdellä silmäyksellä nähtävissä senhetkinen energiankulutustieto. Tärkeintä on, että operaattorin ei tarvitse muistaa yksittäisiä lukuja, vaan hän esimerkiksi nopealla silmäyksellä saa selville senhetkisen energiankäytön tilan. Muutama vastaajan mukaan **liikennevalot**, jotka ilmaisisivat esimerkiksi vihreällä värillä tavoitetilaa, keltaisella tarkempaa seurantaa vaativaa tilaa ja punaisella hälyttävää tilaa, johon on syytä puuttua, palvelisivat tätä tarkoitusta hyvin. Seuranta tapahtuisi esimerkiksi hetkellisesti sekä viimeisen vuorokauden osalta. Pidemmän aikavälin tarkkailu mahdollistaisi kauemmin olleiden ongelmakohteiden löytämisen.

Lähes kaikki tuotannonjohdon edustajista kokevat **eurojen näkymisen operaattorille** olevan hyvä asia. Eli operaattorinäytölle on nostettu energiankulutusyksikön (esimerkiksi MWh) rinnalle eurot, jotka mahdollisesti konkretisoivat enemmän tuotannon kulutusta. Eurojen näkyminen lisää vastaajien mukaan operaattoreiden kustannustietoisuutta ja samalla operaattorit huomaavat, mitä prosessiin tehdyt muutokset vaikuttavat taloudellisesti. Yksi tuotannonjohdon edustaja ei koe eurojen näkymisen operaattorille olevan tärkeää, sillä energialle laitetaan vain kiinteä hinta. Hän pohti kuitenkin, että mikäli energian hintana käytettäisiin reaaliaikaista muuttuvaa sähkön hintaa, niin olisiko hintatiedon lisääminen siinä tapauksessa järkevää.

*Ymmärretään, jaaha okei, firma säästää tän verran, niin silloin menee paremmin. (Vastaaja 1)*

### **Raportit**

Vastaajat korostivat raportoinninkin osalta, että aluksi on tärkeää määritellä käyttäjäryhmä, ketkä raportointia tarvitsevat ja mihin tarkoitukseen. Määrittelyssä on tärkeää pitää mielessä, mihin osa-alueisiin kukin voi omalla työllään vaikuttaa, joten sen alueen raportointi on hänelle tärkein. Esimerkiksi linjan tuotantoinsinööri tarvitsee vuo-

rokohtaisen raportoinnin, vuoromestari tarvitsee oman vuoronsa raportin ja työntekijä tarvitsee oman työalueensa raportin.

*Oikeestaan vois sanoa näin, mitä enemmän sää pystyt siihen kyseiseen kulutuspisteeseen vaikuttamaan sun omalla toiminnalla, niin sitä korkeemmalla prioriteetilla sen pitäis olla siinä raportoinnissa.*

*(Vastaja 4)*

Molemmilla konsernintason edustajilla oli selkeä näkemys siitä, millainen johdolle suunnatun raportoinnin tulisi olla. Energiatehokkuus on useassa yrityksessä osana ympäristöohjelmaa ja päästökauppaan liittyvää hiilidioksidin säästötavoitetta. Toinen konserninedustaja näkeekin tärkeäksi, että raportteihin on integroitu edellä mainitut asiat. Toiveena on, että viranomaisille raportoitavat asiat, kuten tehtaan aiheuttamat hiilidioksidipäästöt, saa suoraan raportista, ilman että niitä tarvitsee erikseen laskea. Johdolle suunnattuja raportteja ovat esimerkiksi aikaraportti, lajiraportti, kustannusraportti ja energiatehokkuusraportti.

*Mikä on sen parempi työkalu (johtajalle työn ohjauksen), kuin toimiva raportointi? (Vastaja 2)*

Toinen konserninedustajista kokee, että kahdelle erilaiselle energiatehokkuusraportille on tarvetta. Toisessa raportissa olisi kaikki häiriötekijät mukana ja toisesta raportista olisi suodatettu pois häiriöt, katkot ja seisokit. Suodatetusta raportista näkisi prosessin todellisen suorituskyvyn. Molemmat konserninedustajat kokevat mielekkäänä, että esimerkiksi aamupalaverissa on käytettävissä koontiyhteenvetosivu. Koontiyhteenvetosivuun olisi kerätty kaikki olennaisimmat tiedot energiankulutuksesta ja kokonaisuuteen vaikuttavista tekijöistä eli tilanne olisi luettavissa yhdellä silmäyksellä.

Uusea vastaaja toivoo raportointia samalla tavalla eriteltynä, kuin seurantajärjestelmän tuottaman aineistonkin eli osaprosesseittain laji- ja konekohtaisesti. Tarkasteluaikana tunti on usean vastaajan mukaan sopiva aika. Muutama vastaaja toivoo myös tuotantomäärän liittämistä kiinteäksi osaksi raportteja eli pelkkä energiatieto ei riitä tehokkuuden määrittelyyn. Myös ympäristöolosuhteiden liittämistä raporttiin toivotaan eli esimerkiksi tieto ulkolämpötilasta, joka vaikuttaa merkittävästi koneen energiankulutukseen.

Muutama vastaaja toivoo järjestelmän tuottavan trendiä energiankulutuksesta, jotta pitkällä aikavälillä voidaan seurata, mihin suuntaan kulutus on menossa. Vastaajat kokevat trendin olevan hyvä seurantatyökalu energiankulutuksen historiatietojen tarkasteluun. Myös absoluuttinen energian ominaiskulutus on vastaajien mukana tärkeä tieto, mutta pitkän aikavälin seurannassa he kokevat trendin palvelevan tätä tarkoitusta paremmin.

Energiankulutuksen seuraaminen **ajovuorokohtaisesti** jakaa vastaajien mielipiteitä. Suurin osa vastaajista pitää vuorokohtaista seurantaa asiana, jota pitäisi edistää, mutta samaan aikaan he epäilevät, miten työntekijät suhtautuvat asiaan. Toisaalta konsernin johdon edustajaa ja useaa tuotannon johdon edustajaa kiinnostaisi seurata ajovuorojen välisiä eroja tarkemminkin, mutta toiveet seurantatavoista vaihtelevat hieman vastaajien välillä. Konserninedustajan mukaan kyseessä on enemmänkin johtamiskysymys, että kun asian esittää sopivalla tavalla ja seuranta toteutetaan asiallisesti, niin vuorokohtaisen seurannan lisäämisessä ei ole esteitä. Hänen mielestään oikea paikka vuorokohtaisten erojen käsittelyyn on vuoropalavereissa ja osastopalavereissa muun tiedon joukossa. Yksi tuotannon johdon edustaja pitäisi tiedon mielummin vuorotyö- ja osastotyön johdon tasolla, eikä toisi sitä työntekijöille asti. Yksi tuotannon johdon edustaja ei pidä vuorokohtaisen energiankulutustiedon seurantaa merkittävänä asiana, eikä sitä näin ollen ole hänen mukaansa tarpeen edistää.

### 7.3.5 Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän ominaisuudet

#### Historiatieto

Yksi konsernintason edustaja toivoo, että energiatehokkuuden seurantajärjestelmät olisivat **standardiratkaisuja** liiketoiminta-alueittain. Eli tarjolla olisi valmiita järjestelmäpaketteja, joiden sisältö olisi mahdollisimman runsas. Kaksi tehdastason johtajaa nostivat esille myös saman ajatuksen eli on tärkeää, että järjestelmän sisältö on mahdollisimman kattava ja käyttäjät voivat valita siitä haluamansa ominaisuudet. Vastaajien mukaan olisi myös hyvä, että järjestelmästä saatuja tietoja voisi helposti vertailla esimerkiksi eri tehtaiden välillä ilman välikäsiä.

Yksi konsernintason ja kolme tehdastason edustajaa toivoo järjestelmän **grafiikan** olevan lähempänä esimerkiksi ”iPad-grafiikkaa” kuin ”Excel-grafiikkaa”. Heidän näke-



myksensä mukaan on tärkeää, että myös seurantajärjestelmässä hyödynnetään nykyai-  
kaista tekniikkaa ja grafiikkaa mahdollisimman paljon. Muutaman vastaajan mielestä  
on toivottavaa, että järjestelmä herättää myös aitoa mielenkiintoa tutkia asioita ja siinä  
grafiikalla on tärkeä osa. Operaattorin työ sisältää paljon näyttöjen tarkkailua, joten  
mahdollisimman havainnollinen ja kiinnostava näyttö oletettavasti edistää työntekoa.

*Siin varmaan on, varmaan pitäis elää siin ajas ja tekniikas ja nähdä,  
mitkä ne on ne mahdollisuudet myös niinku tässäki puoles. (Vastaaja 5)*

Muutama tehtaanjohto-tason vastaaja kokee tärkeänä, että järjestelmän tuottamat tie-  
dot kootaan **datapankkiin**. Sieltä käyttäjät voisivat poimia haluamansa tiedot tietyltä  
ajanjaksolta ja sinne olisi helppo koostaa myös historiatietoa. Datapankkiin voisi koo-  
ta tietoa kattavasti paperinvalmistuksen eri osa-alueilta esimerkiksi automaatiojärjes-  
telmästä kerättävää mittaustietoa, laboratoriotuloksia ynnä muita sellaisia. Datapan-  
kissa tieto olisi jalostamattomassa muodossa eli tiedon jalostaminen tapahtuisi vasta  
tiedon pankista poimimisen jälkeen.

Uusea vastaaja toivoo, että järjestelmän käyttäminen olisi mahdollisimman yksinker-  
taista ja sieltä olisi saatavissa halutut tiedot helposti. Muutaman vastaajan mielestä  
seurantajärjestelmän tärkeä ominaisuus on, että se linkittää eri tason tiedot sujuvasti  
yhteen ja niiden välinen vertailu on helppoa. Jos esimerkiksi jonkun prosessin liiken-  
nevalo näyttää punaista, niin järjestelmässä olisi vaivatonta siirtyä tutkimaan tarkem-  
min tilannetta ja mahdollisesti siihen johtaneita tekijöitä. Eli niin sanotusti seurantata-  
solta toiselle siirtymisen tulisi olla vaivatonta.

Energiatehokkuustietojen **kokoaminen yhdelle yleisnäyttösivulle tai toisaalta ha-  
jauttaminen usealle näyttösivulle** saa vastaajilta hyvin yhteneväisen kannan. Kaikki  
asiaa kommentoineet vastaajat ovat sitä mieltä, että tietojen hajauttaminen sekä ko-  
koaminen ovat tärkeää. Vastaajien mukaan operaattorin työtä palvelee parhaiten ha-  
jautettu tieto eli energiankulutusluvut esimerkiksi kulutetun sähkön ja höyryn osalta  
sekä esimerkiksi liikennevalot ovat sijoitettu osaksi operointinäyttöjä. Tärkeää ope-  
rintinäytöissä on, että mikäli prosessiin tekee muutoksen, niin se näkyy saman tien  
näytössä. Johtotason ihmisiä vastaajien mukaan palvelee paremmin koontisivun tar-  
joama tieto, johon on koottu kaikki oleelliset energiatiedot.

*Ois hyvä olla tällanen koontinäyttö, oikeestaan tätä meidän insinööriporukkaa varten plus sitten ne avain tekijät pitäis pystyä näyttämään siellä prosessin vieressä. (Vastaaja 4)*

### **Reaaliaikainen tieto**

Kaksi tehtaanjohtotason vastaajaa toivoo, että seurantajärjestelmässä on **infonappi**, jonka taakse on koostettu historiatietoa energiankulutuksesta esimerkiksi viimeisen vuorokauden, kuukauden ja vuoden alusta. Kulutustietoa voisi lisäksi benchmarkata vastaavien aikojen parhaisiin tuloksiin. Infonapin takaa voisi olla nähtävissä myös, mitä muutoksia prosessiin on tehty esimerkiksi viimeisen vuorokauden aikana. Mahdollisesti saman infonapin taakse voisi laittaa ominaisuuden, jolla voi valita **energianseurantayksikön**. Seurattava yksikkö voi olla esimerkiksi MWh, MJ tai eurot. Tämä ominaisuus helpottaa vastaajan mukaan tiedon jatkojalostamista, koska tehdastasolla ollaan ensisijaisesti kiinnostuneita energia yksiköistä ja johtotasolla euroista. Kun järjestelmästä olisi saatavissa suoraan tietoa eri yksiköissä, niin muuntamisen tarve eri yksiköiden välillä vähenenisi.

Seurantajärjestelmän toivotaan tuottavan esimerkiksi tekstimuotoista **ohjaavaa tietoa**. Yhden tehdastason edustajan mukaan on tärkeää, että kun tekee muutoksen prosessiin, niin järjestelmä kertoisi energiatehokkuuden kannalta suunnan, mihin muutos energiatehokkuutta vie. Toimenpiteet voivat toisinaan olla sellaisia, että ne eivät ole yksiselitteisesti ohjattavissa tai säädettävissä. Tällöin järjestelmän operaattorille tuottama ohjaava tieto energiatehokkuuden kannalta paremmasta toimenpiteestä on tärkeä. Järjestelmä voisi esimerkiksi verrata toimenpidettä aiemmin tehtyihin vastaaviin tuotejaksoihin mitä on tehty, mikä on poikkeama ja mistä erot johtuvat. Ja sitä kautta ohjata käyttäjää tekemään toimenpiteitä oikeaan suuntaan, jotta pystytään pääsemään energiatehokkuuden kannalta haluttuun tavoitteeseen.

*Et sen takii semmonen puhdas ohjaaminen tai säätäminen ei aina oo mahdollista, vaan se vaatii sen käyttäjän tekeen sitä päätöstä, et mikä on se oikea menettelytapa täs kullosessakin tapauksessa oikein on. (Vastaaja 5)*

Järjestelmän aiheuttamat **hälytykset** jakavat vastaajien mielipiteet. Osa vastaajista kokee, että hälytykset voisivat olla hyvä lisä järjestelmälle. Tärkeää on, että hälytysra-

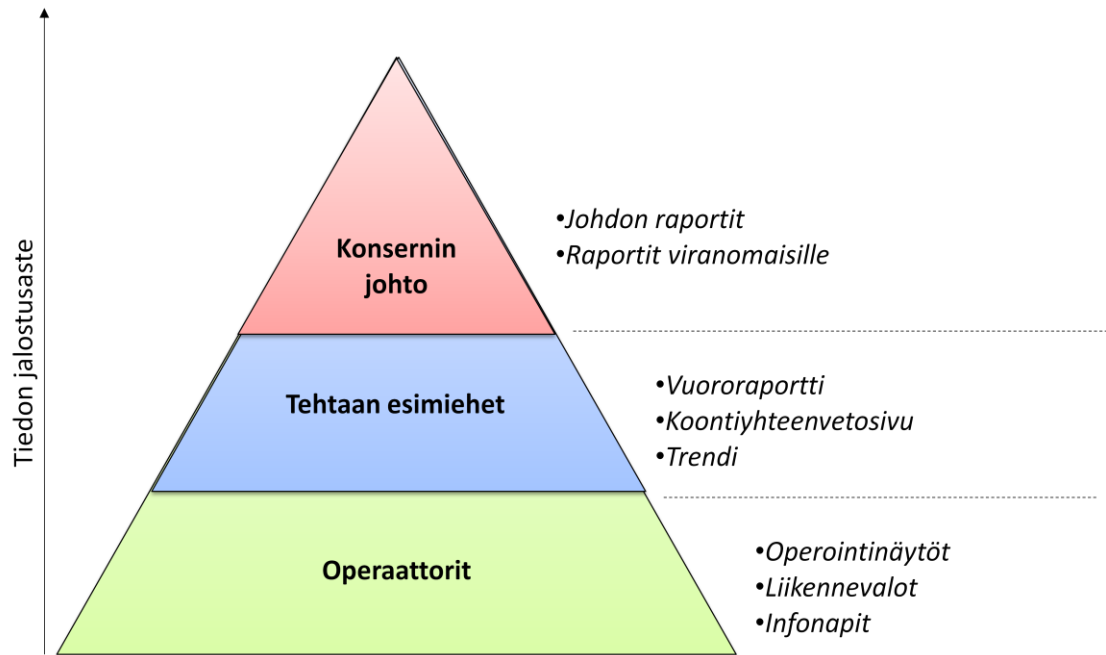
ja on tarkkaan mietitty, jotta hälytyksellä on todellinen merkitys ja se johtaa toimenpiteisiin. Osa vastaajista kokee hälytykset huonoina, koska huonosti toteutettuna hälytyksiä voi tulla suhteellisen paljon. Tällöin ne menettävät merkityksensä, kun työntekijät eivät reagoi niihin toivotulla tavalla. Suurin osa operaattorin työstä on näyttöjen silmäilyä ja oikein toteutettuna hälytykset helpottavat operaattoreiden päivittäistä työtä.

## 7.4 Yhteenveto tuloksista

Energiatehokkuuden edistämisen merkittävimmit esteiksi koettiin aika- ja raharesurssien sekä mittaroinnin puute. Vastaajien mukaan energiatehokkuutta edistetään parhaiten poistamalla edellä mainitut pullonkaulat sekä parantamalla yleistä asenneilmapiiriä asian suhteen. Tulevaisuudessa energiatehokkuuden merkittävyyden uskottiin korostuvan muun muassa energian hinnan nousun takia.

Energian käyttöä seurataan tällä hetkellä yrityksissä vaihtelevasti. Tyypillisintä on seurata kulutuslukemia kuukausittain. Mittaroinnin puute on merkittävä este, myös raportoinnissa on puutteita muutamissa yrityksissä. Käytössä olevat useat erilaiset automaatiojärjestelmät aiheuttavat ongelmia seurannalle. Merkittävimmät kehittystarpeet koskevat edellä mainittuja asioita eli tarvitaan kattavampaa mittarointia sekä selkeyttä automaatiojärjestelmiin. Tavoitteena on, että tehtaalla on käytössä vain yksi automaatiojärjestelmä.

Seurantajärjestelmän ja sen tuottaman aineiston tulee vastata käyttäjien tarpeeseen. Vastaajien mukaan on tärkeää, että järjestelmä on räätälöitävissä eri käyttäjien tarpeiden mukaan. Kuviossa 26 on esitetty haastattelussa esille tulleita eri käyttäjäryhmien tarpeita. Vastaajat toivoivat seurantajärjestelmän tuottavan aineistoa paperilaji- ja tuotantolinjakohtaisesti osaprosesseittain. Tarvittaessa myös laitetason seuranta on tarpeen. Benchmarkkaus koettiin tärkeäksi. Sopiva seuranta-aika on tunti.



KUVIO 26. Eri käyttäjäryhmien toiveet seurantajärjestelmien ominaisuuksista

Liikennevalot koettiin hyväksi operaattorin päivittäiseksi työkaluksi energiatehokkuuden seurantaan. Raportoinnista konsernin johdon edustajat toivoivat, että viranomaisille toimitettavat raportit saisi järjestelmästä suoraan. Myös aamupalavereihin tulostettavat koontiyhteenvetosivut ovat tärkeitä. Usea vastaaja koki, että trendi on hyvä seurantatyökalu energiankulutuksen pitkän aikavälin seurantaan.

Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän muista ominaisuuksista vastaajat toivoivat, että järjestelmä olisi standardiratkaisu liiketoiminta-alueittain ja siinä olisi käytössä datapankki tietojen keräämistä varten. Järjestelmän grafiikan toivottiin olevan mahdollisimman nykyaikaista ja tietojen esittämisessä koettiin sekä koontisivu että hajautus tärkeiksi. Järjestelmässä toivottiin olevan infonappi, josta on saatavilla esimerkiksi historiatietoa energiankulutuksesta sekä prosessiin tehdyistä muutoksista. Seurantajärjestelmän toivottiin tuottavan ohjaavaa tietoa päätösten tueksi.

Kuvioon 27 on koottu Suomen paperiteollisuuden energiatehokkuuden seurannan nykytila, kehitystarpeet, toiveet seurantajärjestelmän ominaisuuksista sekä tulevaisuudennäkymiä.

<p><b>NYKYTILA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•kuukausi-tason seuranta</li> <li>•puutteellinen mittarointi ja raportointi</li> <li>•useita automaatiojärjestelmiä</li> </ul>	<p><b>KEHITYSTARPEET</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•aika- ja raharesurssit</li> <li>•tiedon jako ja tuottaminen</li> <li>•mittausinstrumentoinnin kattavuus</li> <li>•automaatiojärjestelmien ominaisuudet ja tiedonsiirto</li> </ul>
<p><b>OMINAISUUDET</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•käyttäjien tarpeiden huomioiminen</li> <li>•seuranta laji- &amp; konekohtaisesti</li> <li>•laite- ja osaprosessitason seuranta</li> <li>•benchmarkkauksen hyödynnys eri kohteissa</li> <li>•monipuolisia ominaisuuksia raportoinnissa ja monitoroinnissa</li> </ul>	<p><b>TULEVAISUUS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•seurannan tärkeys korostuu</li> <li>•energiatohokkuuden huomioiminen osana päivittäistä työtä</li> <li>•yksi seurantajärjestelmä, joka muokattavissa käyttäjäryhmien tarpeiden mukaan</li> </ul>

KUVIO 27. Yhteenveto tutkimuksen tuloksista

## 7.5 Tulosten hyödyntäminen

Haastattelututkimuksesta saatiin tuloksia, joita voidaan hyödyntää kehitettäessä Metson EnergyOperator-energiatohokkuuden seurantajärjestelmää. Osa haastatteluissa esiin nousseista ominaisuuksista löytyy jo nykyisestä järjestelmästä, kun taas osaa voidaan hyödyntää kehitystyössä. Merkittävimmät ominaisuudet, joita EnergyOperatorissa ei vielä toistaiseksi ole, ovat

- käyttäjäkohtaisesti valittavissa olevat ominaisuudet
- tietopankki, jonne kerätään tietoja eri laite- ja sovellustoimittajien järjestelmistä
- benchmarkkaus toisiin paperikoneisiin
- viranomaisraportit (muun muassa hiilidioksidi-päästöjen osalta)
- grafiikan ja toimintalogiikan kehittäminen kohti ”iPad-muotoa”
- eurojen näkyminen ajomiehelle, niin että esimerkiksi sähkön hintaa pystyy muuttamaan hinnan muuttuessa

- infonappi, jonka takaa löytyvät tiedot muun muassa energiankulutuksen ja tuotantomäärän historiasta sekä prosessiin tehdyistä muutoksista
- erilaiset hälytykset.

Kehittämiskohteet käydään Metso Paperissa läpi ja niitä tullaan hyödyntämään soveltuvin osin.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Suomen paperiteollisuuden energiatehokkuuden seurantarpeita. Työssä pyrittiin selvittämään, millaisia ominaisuuksia energiatehokkuuden seurantajärjestelmän tulisi sisältää ja miten paperiteollisuuden eri käyttäjäryhmien tarpeet eroavat ominaisuuksien suhteen.

Tutkimuksen asetelma oli selvillä lähes alusta alkaen. Tarkoitus oli saada tietoa energiatehokkuuden seurantajärjestelmän potentiaalisilta käyttäjiltä kehitystyön tueksi. Työn alussa piti rajata aihe ja mielestäni tässä onnistuttiin hyvin. Opinnäytetyön viitekehys ja empiriaosio käsittelevät nimenomaan suomalaisen paperiteollisuuden energiatehokkuutta, eri paperinvalmistajien käsitystä siitä sekä heidän ajatuksia seurantajärjestelmästä.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että energiatehokkuuden seurantajärjestelmältä toivotaan useita erilaisia ominaisuuksia, käyttäjäryhmästä riippuen. Tärkeiden ominaisuuksien suuri lukumäärä johtuu järjestelmän laajuudesta; sen pitää toimia erilaisissa ympäristöissä ja vastata moniin erilaisiin tarpeisiin. Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että tuotannonjohdolla ja konserninjohdolla on haastattelututkimuksen perusteella melko yhteneväinen kanta järjestelmän sisällön ja ominaisuuksien suhteen. Merkittävimpänä erona voidaan todeta, että tuotannonjohdon tason vastaajat toivat esille enemmän monitorointia ja konserninjohdon vastaajat raportointia koskevia ominaisuuksia. Tutkimuksen mukaan vastaajien tavoitteena on, että energianseurannasta tulisi osa päivittäistä työtä ja seurantajärjestelmä olisi prosessia ohjaava työkalu.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että paperiteollisuudessa on selkeä tarve energiatehokkuuden seurantajärjestelmälle. Haasteena on sopivan järjestelmän kehittäminen asiakkaiden tarpeisiin. Aiemmin on tutkittu energiatehokkuuden mittaamista ja seurantaa prosessiteollisuudessa vain yleisellä tasolla (Sivill 2010). Vastaavanlaista tutkimusta, jossa keskitytään nimenomaan seurantajärjestelmän ominaisuuksiin, ei ole tehty. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää energiatehokkuuden seurantajärjestelmän kehittämisessä. Jatkokehityskohteena työtä on mahdollista laajentaa koskemaan suurempaa seurantajärjestelmän käyttäjajoukkoa sekä syventää kyselyä tiettyyn osa-alueeseen, esimerkiksi monitorointiin.

Resurssien rajallisuuden vuoksi haasteellisimmiksi osuuksiksi muodostuivat haastattelvien ja haastattelukysymysten valinta. Haastattelijoiden valinnassa onnistuttiin mielestäni hyvin Metson asiantuntijoiden ansiosta. Haastattelukysymykset käsittelivät energiatehokkuutta ja seurantajärjestelmän ominaisuuksia melko yleisellä tasolla. Tähän on kolme syytä: teorianäytteenä asiasta oli melko suppea, työhön käytettävä aika ja resurssit olivat rajalliset ja vastaavanlaisia tutkimuksia ei ole liiemmin tehty aiemmin, joten tutkimuksen täytyi lähteä perustasolta. Toisaalta haastattelukysymykset valittiin yhdessä Metso Paperin asiantuntijoiden kanssa, joten myös toimeksiantajan toiveet tutkimuksen laajuudesta ja sisällöstä toteutuivat. Jotta empiriaosio olisi saanut vielä kattavamman, olisi haastattelukysymyksiä voinut jalostaa enemmän haastattelujen kuluessa.

Validiteetilla tarkoitetaan, kuinka hyvin on onnistuttu mittaamaan juuri sitä, mitä on haluttu mitata. Opinnäytetyön viitekehys ja sen pohjalta laadittu empiriaosio on mielestäni validi, sillä lähteitä on melko paljon ja ne tukevat toisiaan.

Työ on mielestäni myös reliabeeli. Reliabiliteetilla tarkoitetaan sitä, miten hyvin samasta asiasta saadaan eri testauskerroilla samat tulokset. Uusittaessa haastattelututkimus tulokset voisivat merkittävästi muuttua vain siinä tapauksessa, että vastaajien rooli yrityksessä muuttuisi, jolloin katsantokanta seurantajärjestelmältä vaadittaviin ominaisuuksiinkin voisi muuttua.

## LÄHTEET

- Elväs, S. & Hyytiä, H. 2009. Energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelman vuosiraportti 2009. Motiva. Viitattu 1.3.2011.  
[Http://www.motiva.fi/files/3737/Energiatehokkuussopimukset\\_Energiavaltaisen\\_teollisuuden\\_toimenpideohjelman\\_vuosiraportti\\_2009.pdf](http://www.motiva.fi/files/3737/Energiatehokkuussopimukset_Energiavaltaisen_teollisuuden_toimenpideohjelman_vuosiraportti_2009.pdf).
- Energia 2020. 2010. Strategia kilpailukykyisen, kestävä ja varman energiansaannin turvaamiseksi. KOM(2010) 639. Euroopan komissio. Tiedonanto. Viitattu 15.3.2011.  
[Http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0639:FIN:FI:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0639:FIN:FI:PDF).
- Energia- ja materiaalitehokkuutta parannetaan aktiivisesti. 2011. Artikkelin Metsäteollisuus ry:n sivustolla. Viitattu 13.4.2011.  
[Http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/EnergiatehokJatkuva/Sivut/default.aspx](http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/EnergiatehokJatkuva/Sivut/default.aspx).
- Energian kokonaiskulutus 2009. 2010. Suomen virallinen tilasto (SVT): Energiankulutus [verkojulkaisu]. ISSN= 1798-6842.2009, Liitekuva 1. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 18.5.2011. [Http://tilastokeskus.fi/til/ekul/2009/ekul\\_2009\\_2010-12-10\\_kuv\\_001\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/ekul/2009/ekul_2009_2010-12-10_kuv_001_fi.html).
- Energiankäytön ja energiatehokkuuden seuranta. 2010. Artikkelin Motiva Oy:n sivustolla. Viitattu 18.4.2011.  
[Http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse\\_ja\\_tehosta\\_yrityksen\\_energiankayttoa/seuranta\\_ja\\_raportointi/energiankayton\\_ja\\_energiatehokkuuden\\_seuranta](http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse_ja_tehosta_yrityksen_energiankayttoa/seuranta_ja_raportointi/energiankayton_ja_energiatehokkuuden_seuranta).
- Energia Suomessa. 2004. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. 3. uud.p. VTT. Helsinki: Edita Prima.
- Energiansäästö. n.d. Ilmasto.org-sivusto. Viitattu 1.3.2011.  
[Http://www.ilmasto.org/ilmastomuutos/torjuminen/paastojen\\_vahentaminen\\_suomessa/energiansaasto.html](http://www.ilmasto.org/ilmastomuutos/torjuminen/paastojen_vahentaminen_suomessa/energiansaasto.html).
- Energiatehokkuus. 2011. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 13.4.2011.  
[Http://www.tem.fi](http://www.tem.fi), energia, energiatehokkuus.
- Energiatehokkuussopimukset ja -katselmukset. 2011. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 13.4.2011. [Http://www.tem.fi/index.phtml?s=2588](http://www.tem.fi/index.phtml?s=2588).
- Energiatehokkuussuunnitelma 2011. 2011. KOM(2011) 109. Euroopan komissio. Tiedonanto. Viitattu 15.3.2011. [Http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0109:FIN:FI:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0109:FIN:FI:PDF).
- Energiavaltaisen teollisuuden toimenpideohjelma. 2010. Motiva Oy:n energiatehokkuussopimukset -sivusto. Viitattu 13.4.2011.  
[Http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/sopimusalat/teollisuus/energiavaltainen\\_teollisuus/](http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/sopimusalat/teollisuus/energiavaltainen_teollisuus/).
- Energy Visions 2050. 2009. VTT. Porvoo. Edita.
- Fisher Logic. 2007. Fisher Inc. Tietokanta. Viitattu 28.5.2011.



Grossmann, H. 2008. Paper Industry and Energy. Professional papermaking, 69.

Heikkilä, I., Huumo, M., Siitonen, S., Seitsalo, P. & Hyytiä, H. 2008. Teollisuuden energiatehokkuus. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT). Raportti Suomen ympäristö 51/2008. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 15.3.2011.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=309082&lan=FI>.

Massa- ja paperiteollisuuden BAT. 2010. Euroopan neuvosto. Viitattu 15.3.2011.  
[Http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=11768&lan=fi](http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=11768&lan=fi).

Metso Jyväskylän paperikonetehtä. 2010. Yleisesittely Metso Paper Oy:n intranetissä. Viitattu 17.5.2011.  
<http://intrafiles.metso.com/MP/Marketing/vault2mp.nsf#/Company%20info>.

Metson edistykselliset teknologiaratkaisut vähentäneet suomalaisten paperitehtaiden veden- ja energiankulutusta. 2009. Artikkel Metso-konsernin sivustolla. Viitattu 14.5.2011. [Http://www.metso.com/fi/corporation/articles\\_fin.nsf/WebWID/WTB-080325-2256F-C580B?OpenDocument](http://www.metso.com/fi/corporation/articles_fin.nsf/WebWID/WTB-080325-2256F-C580B?OpenDocument).

Paperin ja kartongin tuotannon kehittyminen vuosittain. 2011. Tilasto Metsäteollisuus ry:n sivustolla. Viitattu 14.4.2011.  
[Http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/tilastokuviot/Massa/Forms/DispForm.aspx?ID=5&RootFolder=%2ftilastopalvelu2%2ftilastokuviot%2fMassa%2fJulkinen%2dFI&Source=http%3A%2F%2Fwww%2Emetsateollisuus%2Efi%2Ftilastopalvelu2%2FTilastokuviot%2FMassa%2FForms%2FAAllItems%2Easpx](http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/tilastokuviot/Massa/Forms/DispForm.aspx?ID=5&RootFolder=%2ftilastopalvelu2%2ftilastokuviot%2fMassa%2fJulkinen%2dFI&Source=http%3A%2F%2Fwww%2Emetsateollisuus%2Efi%2Ftilastopalvelu2%2FTilastokuviot%2FMassa%2FForms%2FAAllItems%2Easpx).

Paperiteollisuuden tulevaisuustyöryhmän raportti. 2010. Artikkel Metsteollisuus ry:n sivustolla. Viitattu 14.5.2011.  
[Http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/Paperiteollisuuden\\_tulevaisuustyoryhman\\_raportti/Sivut/default.aspx](http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/Paperiteollisuuden_tulevaisuustyoryhman_raportti/Sivut/default.aspx).

Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. 2008. Valtioneuvosto. Selonteko. Viitattu 1.3.2011. [Http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus\\_311008.pdf](http://www.tem.fi/files/20585/Selontekoehdotus_311008.pdf).

Sivill, L. 2004. Metsäteollisuuden energiankäytön tehostaminen. Seminaariesitys Energiateknologian kehitysnäkymät -tilaisuudessa 25.11.2004.

Sivill, L. 2010. Energiatehokkuuden mittaaminen ja seuranta energiatehokkuden hallinnassa: haastattelututkimus prosessiteollisuudessa. Raportti. Viitattu 13.5.2011.  
[Http://users.tkk.fi/~lkilpone/ISMO.pdf](http://users.tkk.fi/~lkilpone/ISMO.pdf).

Sopimustoiminnan kulmakivet. 2011. Motiva Oy:n energiatehokkuussopimukset – sivusto. Viitattu 13.5.2011.  
[Http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa\\_sopimuksista/sopimustoiminnan\\_kulmakivet/](http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa_sopimuksista/sopimustoiminnan_kulmakivet/).

Sundholm, J. 1998. Cd-rom. Future outlook. Teoksessa Mechanical pulping. Paper-making science and technology. Book 5. Toim. P. Hynninen. Helsinki: Fapet.

Sustainability Executive Summary 2009. 2010. Confederation of European paper industries. Viitattu 14.5.2011.

[Http://www.cepi.org/docshare/docs/4/PEFIDNGAJPGIHPOGCMHLPKPJ5LKG4N8PA9YB9QQ7B143/CEPI/docs/DLS/CEPI\\_summary-final\\_web-20100223-00035-01-E.pdf](http://www.cepi.org/docshare/docs/4/PEFIDNGAJPGIHPOGCMHLPKPJ5LKG4N8PA9YB9QQ7B143/CEPI/docs/DLS/CEPI_summary-final_web-20100223-00035-01-E.pdf).

Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain. 2010. Suomen virallinen tilasto (SVT): Energiankulutus [verkkajulkaisu]. ISSN= 1798-6842.2009, Liitekuvio 3. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 14.4.2011.

[Http://tilastokeskus.fi/til/tene/2009/tene\\_2009\\_2010-10-27\\_tau\\_002\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/tene/2009/tene_2009_2010-10-27_tau_002_fi.html).

Tilastoja. 2010. Energiakatsaus 2/2010, 32-33. Viitattu 14.5.2011.

[Http://www.tem.fi/files/28630/Energiakatsaus\\_2\\_2010\\_WEB.pdf](http://www.tem.fi/files/28630/Energiakatsaus_2_2010_WEB.pdf).

Tuloksia yhdessä tekemällä. 2011. Metso Oyj: vuosikertomus 2010. Viitattu 12.5.2011. [Http://www.metso.com/corporation/ir\\_eng.nsf/WebWID/WTB-110308-2256F-7C5B5/\\$File/metso\\_annual\\_report\\_2010\\_finnish.pdf](http://www.metso.com/corporation/ir_eng.nsf/WebWID/WTB-110308-2256F-7C5B5/$File/metso_annual_report_2010_finnish.pdf).

Turunen, T., Heinonen, L. & Pakarinen, J. 2010. Energiatehokkuuskäsikirja. Julkaisematon käsikirjoitus.

Turunen, T. 2006. Energiamittausraportti. Metso Paper Oy. Julkaisematon aineisto.

Turunen, T. 2007. Energiamittausraportti. Metso Paper Oy. Julkaisematon aineisto.

Turunen, T. 2008. Paperinvalmistuslinjan energiankäyttö ja ympäristövaikutus. Lisen-siaatintutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos.

Turunen, T. 2010a. Energiankäytön mittaus ja monitorointi. EnergyOperator. Semi-naariesitys Rautpohjan energiapäivä -tilaisuudessa 11.11.2010.

Turunen, T. 2010b. Helping operators save energy. Results pulp & paper 1, 34-35 . Viitattu 21.4.2011.

[http://www.metso.com/MP/marketing/Vault2MP.nsf/BYWID2/WID-100225-2256E-CD9CC/\\$File/110\\_resultsPP.pdf?openElement](http://www.metso.com/MP/marketing/Vault2MP.nsf/BYWID2/WID-100225-2256E-CD9CC/$File/110_resultsPP.pdf?openElement).

Turunen, T. 2010c. Energy Management at paper machine level. Teoksessa Drying. Papermaking science and technology. Book 9, Papermaking : part 2. Toim. M. Karlsson. Porvoo: Paper Engineers `Association/Paperi ja Puu Oy.

Turunen, T. 2011a. The future in mill energy. Pulp & paper International 3, 53. vuosikerta, 31-36. Viitattu 20.4.2011.

[Http://www.ppimagazine.com/ppiissue/201103/?sub\\_id=eT1vwlHxfnTX&folio=18](http://www.ppimagazine.com/ppiissue/201103/?sub_id=eT1vwlHxfnTX&folio=18).

Turunen, T. 2011b. Vanhempi kehitysinsinööri, Metso Paper Oy. Henkilökohtainen tiedonanto. 20.4.2011.

UPM Vuosikertomus 2009. 2010. UPM. Viitattu 14.5.2011. [Http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmcmsfi.nsf/prv/UPM:n\\_vuosikertomus\\_2009\\_on\\_julkaistu?OpenDocument](http://w3.upm-kymmene.com/upm/internet/cms/upmcmsfi.nsf/prv/UPM:n_vuosikertomus_2009_on_julkaistu?OpenDocument).

Valtioneuvoston periaatepäättös energiatehokkuustoimenpiteistä. 2010. Viitattu 1.3.2011. [Http://www.tem.fi/files/26023/ETT-periaatepaatos\\_-\\_040210.pdf](http://www.tem.fi/files/26023/ETT-periaatepaatos_-_040210.pdf).

Vihreä kirja energiatehokkuudesta. 2005. Enemmän tuloksia vähemmällä” Euroopan yhteisöjen komissio. Viitattu 15.3.2011. [Http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0265:FIN:FI:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0265:FIN:FI:PDF).

Vuosikirja 2010. 2011. Metsäntutkimuslaitos. Viitattu 14.5.2011. [http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2010/vsk10\\_09.pdf](http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2010/vsk10_09.pdf).

# LIITTEET

## Liite 1. Haastattelukysymykset



Jaana Kuorelahti

**Haastattelukysymykset**  
15.3.2011

### *Osa 1: Haastateltavan tausta*

1. Mikä on tehtävänne yrityksessä?
2. Kuinka pitkää olette työskennelleet nykyisessä tehtävässä?
3. Millä tavalla energiatehokkuuden seuranta on osana työtänne?

### *Osa 2 : Energiatehokkuus*

4. Mitä termi energiatehokkuus mielestänne tarkoittaa?
5. Minkälaisia energiatehokkuustavoitteita yrityksellänne on?
6. Onko yrityksessänne nimetty energiatehokkuuden vastuuhenkilöitä?
7. Miten energiatehokkuus näkyy uusissa investoinneissa?

### *Osa 3: Energiatehokkuuden seuranta*

8. Miten tärkeää energiatehokkuuden seuranta on yrityksessänne? Miten tärkeys näkyy käytännössä?
9. Millaisia tarpeita yrityksessänne on energiatehokkuuden seurannan tehostamiselle tai kehittämiselle?
10. Millaista tietoa linjan energiatehokkuudesta olisi tarpeellista saada? Millä tarkkuudella?

### *Osa 4: Energiatehokkuuden seurantajärjestelmä*

11. Mistä järjestelmistä ja missä muodossa energiatehokkuustietoa saadaan tällä hetkellä yrityksessänne? Miten saatua tietoa hyödynnetään?
12. Kuinka hyvin nykyisin käytössä oleva energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä palvelee yrityksenne tarpeita?



Jaana Kuorelahti

### Haastattelukysymykset

15.3.2011

13. Kuinka tarpeellisenä näette energiatehokkuuden integroimisen osaksi automaatiojärjestelmää?
14. Millaista (raportointi)aineistoa haluaisitte energiatehokkuuden seurantajärjestelmän tuottavan? Kuvailkaa ominaisuuksia.
15. Millainen energiatehokkuuden seurantajärjestelmä/ sovellus palvelisi yrityksenne (päivittäistä) energiatehokkuuden seurantaa parhaiten?
  - Millainen sisältö järjestelmällä tulisi olla?
  - Mitä ominaisuuksia järjestelmän tulisi sisältää?
  - Millainen käyttöliittymän visualisoinnin tulisi olla?

#### *Osa 5: Toimijoiden rooli*

16. Miten näette eri toimijoiden roolit energiatehokkuuden parantamisessa?
17. Kuinka mielestänne energiatehokkuutta kannattaa edistää?
18. Mistä muista kysymyksistä tai näkökulmista haluaisitte keskustella?

## Liite 2. Tiedustelukirje



Jaana Kuorelahti  
Insinööriyöntekijä

### Tiedustelu

Jyväskylä  
15.2.2011

Arvoisa vastaanottaja

Teemu Turunen Metso Paper Oy:stä on ottanut teihin yhteyttä ja tiedustellut halukkuuttanne osallistua tutkimushaastatteluun, jonka tarkoituksena on selvittää suomalaisten paperinvalmistajien suhtautumista energiatehokkuuteen ja sen seurantarpeisiin. Kiitos suostumuksestanne.

Olen Jyväskylän ammattikorkeakoulun paperikoneteknologian insinööriopiskelija ja teen Metso Paperille opinnäytetyön, jonka aiheena on suomalaisen paperiteollisuuden käsitys energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä ja niiden seurantarpeista. Ohjaajani Jyväskylän ammattikorkeakoulussa on energiatekniikan lehtori Juha Iso-metsä sekä Metso Paperilla vanhempi kehitysinsinööri Teemu Turunen.

Haastattelututkimuksesta saatavia tuloksia tullaan käyttämään Metso Paperin toiminnan ja toimintatapojen kehittämiseen. Tutkimushaastattelu on tärkeä ja olennainen osa opinnäytetyötä.

Tutkimushaastattelut toteutetaan viikkojen 11 - 13 aikana. Haastattelukysymykset toimitetaan teille viimeistään viikkoa ennen haastattelua sähköpostitse. Haastatteluun on hyvä varata aikaa 1 ½ tuntia. Haastatteluajan sopimiseksi soitan teille viikon 8 aikana.

Haastattelussa antamanne tiedot käsitellään ehdottoman luottamuksellisesti. Haastateltavien nimiä ei mainita opinnäytetyössä.

Kiitokseksi osallistumisestanne haastatteluun saatte valmiin opinnäytetyön.

Vastaan mielelläni kaikkiin haastatteluun liittyviin kysymyksiin.

Kunnioittavasti

Jaana Kuorelahti  
Insinööriyöntekijä  
Metso Paper Oy  
PL 587  
40101 Jyväskylä, Finland  
Puhelin: +358 (0)50 317 4366  
Sähköposti: jaana.kuorelahti@metso.com